

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

**КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ОТРАСЛИ**

**на примере производства кальцинированной соды
по аммиачному способу**

Текст лекций

для студентов специальности 7.05020202, 8.05020202
«Компьютерно-интегрированные технологические процессы
и производства»

Утверждено
редакционно-издательским
советом НТУ «ХПИ»,
протокол № 2 от 24.12.2014 г.

Х а р ь к о в
Підручник НТУ «ХПІ»
2 0 1 5

УДК 004.031.43:661.333(075)
ББК 32.965:35.20я7
Б72

Рецензенты:

В. П. Шапоров, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой
химической техники и промышленной экологии НТУ «ХПИ»

О. Г. Руденко, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой
электронных вычислительных машин ХНУРЭ

Авторы:

А. А. Бобух, к.т.н., доцент; А. М. Дзевочко, к.т.н., доцент;
М. А. Подустов, д-р техн. наук, профессор

Викладаються теоретичні та практичні питання розробки функціональних схем комп'ютерно-інтегрованих систем управління об'єктами виробництва кальцинованої соди за аміачним способом із застосуванням сучасних контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації, зокрема мікропроцесорних контролерів.

Для студентів спеціальності «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва»

Бобух А. А.

Б72 Компьютерно-интегрированные системы управления объектами отрасли на примере производства кальцинированной соды по аммиачному способу : текст лекций / А. А. Бобух, А. М. Дзевочко, М. А. Подустов. – Х. : НТУ «ХПИ», 2015. – 92 с. – На рус. яз.

ISBN 978-617-687-046-3

Излагаются теоретические и практические вопросы разработки функциональных схем компьютерно-интегрированных систем управления объектами производства кальцинированной соды по аммиачному способу с применением современных контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, в том числе микропроцессорных контроллеров.

Для студентов специальности «Компьютерно-интегрированные технологические процессы и производства»

Ил. 6. Табл. 1. Библиогр.: 20 наим.

УДК 004.031.43:661.333(075)
ББК 32.965:35.20я7

© А. А. Бобух, А. М. Дзевочко, М. А. Подустов, 2015
ISBN 978-617-687-046-3 © Изд-во «Підручник НТУ «ХПІ»», 2015

Введение

Разработанный более 140 лет назад бельгийским инженером Э. Сольве [1–6] непрерывный производственный процесс получения кальцинированной соды по аммиачному способу и удачное его аппаратное оформление практически не претерпели существенных изменений. Несмотря на то, что за эти годы предпринимались многочисленные попытки повышения удельной производительности аппаратуры, модернизации технологии и сокращения отходов, однако до начала XXI столетия эти попытки практически не дали положительных результатов. Аммиачный способ получения кальцинированной соды продолжает оставаться основным, хотя в настоящее время в мире производство соды базируется ещё на трёх способах её получения: из природной соды (троны), из нефелинов и карбонизацией гидроксида натрия [6].

Производство кальцинированной соды по аммиачному способу (ПКС) отличается [1–8]:

- сложная схема материальных потоков, протекающих в основном через аппараты колонного типа;
- наличие большого числа последовательно-параллельных связей между основным и вспомогательным оборудованием;
- существование циклов материальных потоков;
- нестационарность характеристик аппаратного оформления;
- сложность получения удобных для идентификации и управления математических моделей;
- значительные потери производства из-за непредсказуемых нарушений технологического режима за счет наличия агрессивных, кристаллизующихся и абразивных сред.

ПКС состоит из сложных процессов и аппаратов химической технологии с несколькими замкнутыми циклами по материальным потокам [6–8]. Наличие замкнутых циклов значительно усложняет реализацию компьютерно-интегрированной системы управления объектами и ПКС в целом, так как возникающее «непредсказуемое» нарушение технологического процесса на одном объекте ПКС может распространиться на другие, вызывая там нежелательные отклонения в ходе технологического процесса.

В то же время современное развитие научно-технического прогресса позволяет рассматривать основные принципы повышения эффективности

функционирования ПКС с улучшением качества управления рассматриваемым производством за счет согласования производительности работы основного и вспомогательного оборудования. Подробный анализ ПКС позволил сделать вывод о возможности и необходимости декомпозиции общей задачи управления ПКС на подзадачи управления так называемыми условными объектами на основе применения компьютерно-интегрированных систем управления (КИСУ) [9–20] такими объектами и ПКС в целом с целью экономии энергетических ресурсов и охраны окружающей среды.

Текст лекций рассчитан на 16 занятий, в каждом из которых рассматриваются конкретные вопросы разработки функциональных схем (ФС) КИСУ объектами отрасли на примере ПКС, которые указаны в начале каждой лекции.

Лекционный материал имеет необходимые иллюстрации, которые упрощают восприятие информации студентами. Для удобства студентов при подготовке к текущему модульному контролю, представлены вопросы для самоподготовки.

Условные сокращения

АБ – абсорбер.

ВФЛ – вакуум-фильтр барабанный.

ГИ – гаситель извести.

ДС – дистиллер фильтровой жидкости.

ДСЖ – дистиллер слабой жидкости.

ИОП – известково-обжигательная печь.

ИС – испарители дистилляции.

КИСУ – компьютерно-интегрированная система управления.

КЛ – карбонизационная рабочая колонна.

КЛПК – колонна предварительной карбонизации.

КХДС – конденсатор-холодильник колонны дистилляции.

КХДСЖ – конденсатор-холодильник колонны дистилляции слабой жидкости.

ПВФЛ – промыватель воздуха фильтров.

ПГАБ – промыватель газа абсорбции.

ПГК – промыватель газа кальцинации.

ПГКЛ-1 – промыватель газа колонн первый.

ПГКЛ-2 – промыватель газа колонн второй.

ПК – паровой вращающийся кальцинатор.

ПКС – производство кальцинированной соды по аммиачному способу.

САР – сборник аммонизированного рассола.

СОР – сборник очищенного рассола.

ССР – сборник сырого рассола.

СФЖ – сборник фильтровой жидкости.

СМ – смеситель известковой суспензии и жидкости перед подачей в ДС.

ТДС – теплообменник дистилляции.

ФСКИСУ – функциональная схема компьютерно-интегрированной системы управления.

Л е к ц и я 1
Производство кальцинированной соды
как объект компьютерно-интегрированных систем управления
объектами отрасли

- 1. Техничко-экономические оценки технологического процесса ПКС*
- 2. Описание принципиальной схемы ПКС как объекта компьютерно-интегрированных систем управления объектами и производством в целом*
- 3. Краткие рекомендации по разработке функциональных схем компьютерно-интегрированных систем управления условными объектами и ПКС в целом*

ПКС [1–6] состоит из шести основных условных объектов (УО) (под «условным объектом» подразумевают группу аппаратов, связанных общностью происходящих в них процессов через наличие ведущих потоков и соответствующих сборников для хранения сырья):

- УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3): предварительный подогрев и диссоциация содержащихся в фильтровой жидкости карбонатов и гидрокарбонатов аммония, смешение и взаимодействие нагретой жидкости с известковой суспензией и отгонка аммиака в дистиллере, а также отмывка в промывателях газов, выделяющихся на других объектах, от аммиака, двух стадийное насыщение раствора очищенного рассола аммиаком и частично диоксидом углерода, охлаждение аммонизированного рассола;
- УО насыщения аммонизированного рассола (амрассола) диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия (3-5): отмывка от аммиака газа, покидающего этот объект, предварительная карбонизация, карбонизация с выделением гидрокарбонатной суспензии в карбонизационных колоннах, а также разделение гидрокарбонатной суспензии на барабанных вакуум-фильтрах с получением фильтровой жидкости, влажного гидрокарбоната натрия и отсос воздуха вакуум-насосами;
- УО выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термическое разложение (5-6): обезвоживание и разложение в паровых кальцинаторах для получения кальцинированной соды, охлаждение и очистка диоксида углерода после них;
- УО получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии (7-8): обжиг карбонатного сырья в известково-обжигательных печах с охлаждением и очисткой диоксида углерода, а также гашением извести с получением известковой суспензии;

- УО подготовки раствора хлорида натрия для ПКС (1): очистка хлорида натрия (сырого рассола) при взаимодействии сырого рассола с реагентами в реакторах и отстой его для получения очищенного рассола;
- УО компрессорный (9): сжатие газа, содержащего диоксид углерода; создание вакуума, необходимого для работы барабанных вакуум-фильтров и промывателей газов, выделяющихся на других объектах, от аммиака; подача воздуха для технологических нужд.

1. Техничко-экономические оценки технологического процесса ПКС

Основные технико-экономические показатели ПКС характеризуются следующими данными [6]:

1. На получение 1 т кальцинированной соды (Na_2CO_3) расходуется:

- рассол, м^3 :

сырой	5,13;
очищенный (310 г/л)	5,08;
в пересчете на 100 %-й NaCl , кг	1590;
- известь (85 %-ая CaO), кг 734,4;
- в том числе на очистку от солей магния 4,4;
- кальцинированная сода (Na_2CO_3) на очистку от солей Ca , кг 22;
- аммиачная вода (25,5 %-й аммиак (NH_3)), кг 10;
- гидросульфид натрия (NaHS), кг 3.

В производстве кальцинированной соды на 1 т собственно продукта приходится около $9,1 \text{ м}^3$ хлоридных стоков (суспензии дистилляции).

Общий материальный индекс на 1 т продукции в пересчете на твердые соединения составляет 4,7 т.

2. Энергетические затраты (удельные расходы на 1 т соды):

- топливо (кокс), кг:

на получение извести (CaO)	94;
---------------------------------------	-----
- пар, ГДж (Гкал) 5,35 (1,28);
- электроэнергия, МДж (кВт/ч) 220 (61);
- вода, м^3 150.

3. Общая сумма затрат на 1 т соды кальцинированной (Na_2CO_3) по УО ПКС (%):

- регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбция газов ПКС 60,3;

- насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия 8,3;
- термического разложение влажного гидрокарбоната натрия 18,9;
- компрессорный 5,3;
- другие 7,2.

4. Структура себестоимости кальцинированной соды характеризуется следующими данными (%):

- сырьё и материалы 39,2;
- затраты энергии 32,9;
- прочие расходы 27,9;

5. Основное сырьё в производстве соды кальцинированной:

- хлорид натрия (NaCl), примерный состав (% , масс.): NaCl 97,63; CaSO₄ 1,7; MgSO₄ 0,6; Fe₂O₃+Al₂O₃ 0,07;
- карбонат кальция (CaCO₃), примерный состав известняка и мела (% , масс.): CaCO₃ 92–96, 83–88; MgCO₃ 2–2,1, 0,6–1; SiO₂ 0,5–3,5, 1,2–2,0; CaSO₄ 0,3–0,5, 0,1–0,3; Fe₂O₃+Al₂O₃ 0,3–0,6, 0,2–0,4 соответственно;
- аммиачная вода: водный 25 %-й раствор аммиака (NH₃), в её составе не более 80 (г/л) диоксида углерода;
- гидросульфид натрия (NaHS): применяется для предотвращения коррозии аппаратуры, не более 10 кг/т соды.

5. В ПКС применяется внесистемная единица измерения концентрации – «нормальное деление» (н.д.) [1, 2, 6]. Одно нормальное деление (н.д.) соответствует 1/20 экв. вещества в 1 л раствора. Кроме того, применяются понятия: прямой титр раствора, общий и связанный аммиак. Прямой титр раствора определяется титрованием пробы жидкости, содержащей соли натрия и аммиака, а также аммиак в виде NH₄OH, нормальным раствором соляной или серной кислоты в присутствии метилоранжа до окрашивания пробы в розовый цвет, при этом результаты анализа выражаются в н.д. Аммиак, входящий в состав хлорида аммония и сульфата аммония (связанный аммиак), не определяется прямым титрованием. Общее количество аммиака в растворе, куда входят все аммиачные соединения, определяется формальдегидным методом, а связанный аммиак – по разности между общим содержанием аммиака и прямым титром, выражается также в н.д.

2. Описание принципиальной схемы ПКС как объекта компьютерно-интегрированных систем управления условными объектами и производством в целом

Принципиальная схема ПКС [1, 2, 6] с детализацией до УО приведена на рис. 1: УО подготовки раствора хлорида натрия для ПКС (1), аппараты (А) (1.1–1.3); УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3), объект (О) (2), А (2.1–2.7) и О (3), А (3.1–3.9); УО насыщения амрассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия (4-5), О (4), А (4.1–4.4) и О (5), А (5.1–5.4); УО выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термическое разложение (5-6), А (6.1–6.26); УО получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии (7-8), О (7), А (7.1–7.9) и О (8) А (8.1–8.11) и УО компрессорный, А (9.1–9.5).

Раствор хлорида натрия (сырой рассол (28.1)) из скважин (на рис. 1 не показаны) подают в сборники сырого рассола (ССР) (1.1) УО (1), а затем – на чистку в соответствующие аппараты (1.2). При обработке сырого рассола (28.1) известковой суспензией (33.3) из А (8.9) и содовым раствором (32.1) из А (6.26) осаждаются содержащиеся в нём примеси (кальциевые и магниевые соли) и в виде шлама (36) выводятся для переработки. Очищенный рассол (28.2) направляется в сборники этого рассола (СОР) (1.3) и далее в напорный бак (2.1) УО (2-3), в который входят аппараты двух объектов: О абсорбции (2) А (2.1–2.7) и О дистилляции (3) А (3.1–3.9).

В объект абсорбции (2) УО (2-3) входят: напорный бак (2.1), промыватели воздуха фильтров (ПВФЛ) (2.2), газа абсорбции (ПГАБ) (2.3), второй газа колонн (ПГКЛ-2) (2.4), абсорбер (АБ) (2.5), пластинчатый холодильник (2.6) и сборник аммонизированного рассола (2.7).

Очищенный рассол (28.2) из напорного бака (2.1) поступает в ПВФЛ (2.2) и ПГКЛ-2 (2.4). Из ПВФЛ (2.2) рассол поступает ПГАБ (2.3), а из него и ПГКЛ-2 (2.4) АБ (2.5). В этих аппаратах рассол насыщается, поступающими из объектов: парогазовой смесью (2;10;11) из А (3.2) и А (3.7) О (3) в АБ (2.5); парогазовой смесью (2;10.5) из А (4.3) О (4) в ПГКЛ-2 (2.4); смесью воздуха и аммиака (3;11) из А (5.3) О (5) в ПВФЛ (2.2), кроме того, в ПВФЛ (2.2) при необходимости, добавляют аммиак (11) в виде аммиачной воды. Все аппараты абсорбции (2) (кроме 2.4) работают под вакуумом с помощью вакуум-насосов (9.1, 9.2) компрессорного объекта (9). Приготовленный в объекте (2) аммонизированный рассол (28.3), после охлаждения двумя потоками воды (1.3.1) в АБ (2.5) и (1.3.3) в пластинчатом холодильнике (2.6) (1.3.2) и (1.3.4) выходы соответственно, направляется через сборники этого рассола (САР) (2.7) в объект карбонизации (4).

В объект дистилляции (3) УО (2-3) входят: напорный бак (3.1) фильтровой жидкости, конденсатор-холодильник газа дистилляции (КХДС) (3.2), теплообменник дистилляции (ТДС) (3.3), дистиллер (ДС) (3.4), смеситель СМ (3.5), два испарителя (ИС) (3.6), конденсатор-холодильник дистилляции слабой жидкости (КХДСЖ) (3.7), дистиллер слабой жидкости (ДСЖ) (3.8) и сборник дегазованной жидкости (СДЖ) (3.9).

Фильтровая жидкость (29) из А (5.4) УО (4-5) подается в напорный бак (3.1), а из него поступает в: КХДС (3.2) и далее в ТДС (3.3) и СМ (3.5). В них отгоняют диоксид углерода, а затем аммиак – в ДС (3.4) при помощи пара (2.1). Причем для разложения хлорида аммония жидкость в СМ (3.5) смешивают с известковой суспензией (33.1), поступающей из А (8.9) УО (7-8). Образовавшийся парогазовый поток (2;10;11) после охлаждения водой (1.1.1) в КХДС (3.2) (1.1.2 на выходе), поступает в АБ (2.5) объекта (2), а суспензию дистилляции (34) сбрасывают через испарители (ИС) (3.6) в отстойники (на рис. 1 не показаны). Потоки слабых жидкостей (29.2) и конденсатов, образующиеся при охлаждении газов дистилляции и других объектов (на рис. 1 не показаны), поступают на А (3.7–3.9). Здесь парогазовая смесь (2;10;11) десорбируется паром в ДСЖ (3.8), охлаждается водой (1.2.1) в КХДСЖ (3.7) (1.2.2 на выходе) и соединяется с общим потоком (2;10;11), направляемым в АБ (2.5). Дегазованные жидкости (29.3) после А (3.7–3.9) поступают в А (6.22) УО (6) и вновь используются.

УО (4-5) состоит из аппаратов двух объектов: О карбонизации (4), А (4.1–4.4) и О фильтрования (5), А (5.1–5.4). Основными аппаратами объекта карбонизации (4) являются: колонна предварительной карбонизации (КЛПК) (4.1), холодильник предкарбонизованной жидкости (4.2), первый промыватель газа колонн (ПГКЛ-1) (4.3), рабочие карбонизационные колонны (рабочие КЛ) (4.4).

Аммонизированный рассол (28.3) подается в КЛПК (4.1), из которой предкарбонизованная жидкость через ПГКЛ-1 (4.3), в который поступает газ карбонизации (10.4) из КЛПК (4.1) и рабочих КЛ (4.4), подается в холодильник (4.2) этой жидкости для охлаждения, а из него в рабочие КЛ (4.4). Этот рассол (28.3) взаимодействует с диоксидом углерода (10.8), нагнетаемым компрессорами (9.3, 9.4, 9.5) УО компрессорного (9) в объекты карбонизации (4), из УО (7-8) А (7.9). Этот газ разделяется на три части, одна из них (10.3) подается в КЛПК (4.1), вторая в виде газа второго ввода (10.2) подается в среднюю часть рабочих КЛ (4.4); а третья, после смешения с диоксидом углерода (10.7) из А (6.22) УО (6) в виде газа первого ввода (10.1) подается в нижнюю часть рабочих КЛ (4.4). В объекте

карбонизации (4) образуется гидрокарбонат натрия, выпадающий из раствора в осадок в виде гидрокарбонатной суспензии (30), в которой содержатся хлорид аммония и углеаммонийные соли. Для обеспечения регламентных значений температуры гидрокарбонатной суспензия (30) подают охлаждающую воду двумя потоками (1.4.1) в холодильник (4.2) предкарбонизованной жидкости и (1.4.3) в холодильную зону рабочих КЛ (4.4), а (1.4.2) и (1.4.4) выходы соответственно. Из объекта карбонизации (4) гидрокарбонатная суспензия (30) самотеком направляется в аппараты объекта фильтрации (5).

Основными аппаратами объекта фильтрации (5) УО (4-5) являются: барабанный вакуум-фильтр (ВФЛ) (5.1), напорный бак (5.2) промывной воды (1.5), сепаратор (5.3) разделения смеси воздуха, аммиака и жидкости (3;11;29), сборник (СФЖ) (5.4) фильтровой жидкости (29). В этих аппаратах происходит отделение на параллельно работающих ВФЛ (5.1) кристаллов гидрокарбоната натрия с помощью вакуум-насосов (9.1, 9.2) УО компрессорного (9). Эти кристаллы промываются промывной водой (1.5) из бака этой воды (5.2), кроме того выполняется продувка фильтрующей ткани сжатым воздухом (3.1). Фильтровая жидкость (смесь маточной жидкости и промывной воды) (29) из корыт ВФЛ (5.1) через сепараторы (5.3), в которых из неё удаляется смесь воздуха и газа (3;11) через ПВФЛ (2.2) УО (2-3) теми же вакуум-насосами (9.1, 9.2), отсасывается и подается в СФЖ (5.4) и далее в напорный бак (3.1) объекта дистилляции (3) УО (2-3). Влажный гидрокарбонат натрия (31) транспортером (6.10) подается в УО (5-6), в частности, объект (6).

Объект (6) состоит из А (6.1–6.26), а основными аппаратами О (6) являются: вращающийся паровой кальцинатор (6.1), промыватель газа кальцинации (6.22) и установка растворения (6.26) соды (32). Влажный гидрокарбонат натрия (31) поступает на объект (6) во вращающиеся паровые кальцинаторы (6.1), где он термически разлагается паром (2.3) (с высокими температурой и давлением) с образованием кальцинированной соды (32) и диоксида углерода (10.7), а конденсат (29.5) из кальцинаторов (6.1) поступает в сборник и далее в расширители для получения пара (на рис. 1 нет). Кальцинированная сода (32) направляется на склад (на рис. 1 нет) и на установку растворения (6.26) соды для приготовления содового раствора (32.1), который подают в аппараты (1.2) УО (1). Диоксид углерода (10.7) из УО (6) после охлаждения и промывки в промывателе газа кальцинации (6.22) подается компрессорами (9.1, 9.2, 9.3) УО компрессорного (9) в А (4.1, 4.4) УО (4-5).

УО (7-8) состоит из аппаратов двух объектов: объект (7) получения диоксида углерода и извести, А (7.1–7.9) и объект (8) гашения извести и получения известковой суспензии, А (8.1–8.11). Основные аппараты объекта (7): шахтная известково-обжигательная печь (ИОП) (7.1) и турбулентный промыватель газа (труба Вентури) (7.9). Для получения диоксида углерода и извести производится обжиг шихты (37) (смесь карбоната кальция (38) и кокса (39)) при непрерывной подаче воздуха (3.2) в ИОП (7.1), в результате чего получают известь (33) и газ. Газ, образующийся при обжиге шихты (37), поступает в турбулентный промыватель газа (трубу Вентури) (7.9), в который подается вода (1.7) (1.7.1) на выходе) для очистки и охлаждения. Полученный диоксид углерода (10.8) подается компрессорами (9.3, 9.4, 9.5) УО компрессорного (9) в объект карбонизации (4) УО (4-5).

Основные аппараты объекта (8): вращающийся гаситель извести непрерывного действия (8.1), сортировочный барабан (8.9) и эжекционный подогреватель – конденсатор (8.11).

Полученная известь (33) поступает во вращающийся гаситель извести непрерывного действия (8.1), в который для гашения извести (33) подается нагретая вода (1.8.2) из эжекционного подогревателя – конденсатора (8.11) (часть воды (1.8) на входе в указанный аппарат (8.11)). С корпусом гасителя (8.1) соединен сортировочный барабан (8.9). На цилиндрической поверхности этого барабана (8.9) имеются отверстия, предназначенные для вывода: известковой суспензии (33.1) (первая секция), которая подается в СМ (3.5) УО (2-3); известковой суспензии (33.3) (вторая секция), подается в аппараты (1.2) УО (1); отходов с промывной водой (1.8.1) (третья секция), которые выводятся для переработки.

В УО компрессорном (9) компрессорами (9.3, 9.4, 9.5) выполняется сжатие диоксида углерода (10.7) и (10.8) из: УО (6) и УО (7-8) соответственно и подача диоксида углерода (10.1), (10.2), (10.3) с требуемыми давлениями в соответствующие аппараты объекта карбонизации (4). Вакуум-насосами (9.1, 9.2) создается требуемый вакуум для работы барабанных вакуум-фильтров (5.1) объекта фильтрования (5) через ПВФЛ (2.2) объекта абсорбции (2).

Из анализа принципиальной схемы ПКС с детализацией до условных объектов (рис. 1) можно сделать вывод, что это производство состоит из сложных процессов и аппаратов химической технологии [6–9] с несколькими замкнутыми циклами по материальным потокам [6, 10–12].

Наиболее важными циклами являются:

1) циклы аммиака:

- объекты: дистилляции (3) – абсорбции (2) – карбонизации (4) – фильтрования (5) – дистилляции (3) – основной цикл;

- объекты: дистилляции (3) (3.1–3.6) – дистилляции слабых жидкостей (3) (3.7–3.9) – абсорбции (2) – карбонизации (4) – фильтрования (5) – дистилляции (3) – дополнительный цикл.

2) циклы диоксида углерода:

- объекты: карбонизации (4) – фильтрования (5) – кальцинации (6) – компрессоров (9) – карбонизации (4) – основной цикл;

- объекты: карбонизации (4) – фильтрования (5) – дистилляции (3) – абсорбции (2) – карбонизации (4) – дополнительный цикл.

Наличие замкнутых циклов усложняет реализацию компьютерно-интегрированной системы управления (КИСУ) [13 – 20] объектами и ПКС в целом, так как возникающее «непредсказуемое» нарушение технологического процесса на одном объекте ПКС может распространиться на другие, вызывая там нежелательные отклонения в ходе технологического процесса.

Известно [1–6,10–12], что основным объектом ПКС является объект карбонизации (4), от его работы во многом зависит работа других объектов и технико-экономические показатели работы ПКС в целом. При нормальной работе производительность объекта карбонизации (4) определяет производительность остальных объектов. Поэтому выбор ведущего потока для реализации КИСУ объектом карбонизации (4) определяет ведущий поток при таком же управлении всем ПКС. На сегодняшний день практически для всех ПКС мира в качестве ведущего потока объекта карбонизации (4) принят поток диоксида углерода УО (7-8).

В то же время для некоторых объектов ПКС это требование должно выполняться в конечном счёте, но не в каждый данный момент времени. Действительно, например, наличие ССР (1.1) и СОР (1.3). позволяет работать УО (1) со стабильной производительностью, соответствующей средней производительности ПКС, независимо от периодических колебаний производительности объекта карбонизации (4). Изменение производительности УО (1) может производиться лишь в случае изменений производительности объекта карбонизации (4), носящих длительный характер (больше 2 часов).

Кроме того, имеются другие основные объекты ПКС, производительность которых должна строго соответствовать друг другу из-за отсутствия промежуточных сборников между ними. Например, производительность объектов дистилляции (3) и абсорбции (2) по потоку парогазовой смеси (2;10;11), объектов карбонизации (4) и фильтрования (5) по потоку гидрокарбонатной суспензии (30), объектов фильтрования (5) и кальцинации (6) по потоку влажного гидрокарбоната натрия (31) и др. должны соответствовать друг другу. С учетом сказанного, если придерживаться принципа соответствия производительности всех объектов ПКС производительности объекта карбонизации (4), то это привело бы к непрерывной работе их в переходных режимах. Это связано с тем, что объект карбонизации (4) имеет ряд технологических особенностей, которые не позволяют иметь стабильную производительность по выпуску гидрокарбоната натрия заданного качества при заданной себестоимости кальцинированной соды:

- регламентное переключение рабочих КЛ (4.4) после 48 часов работы на промывку на 16 часов и ввод промытых – КЛПК (4.1) в режим рабочих КЛ (4.4);
- для типового трехэлементного ПКС (9 рабочих КЛ (4.4) и 3 КЛПК (4.1)), указанные переключения производятся не реже одного раза в смену (за 8 часов);
- каждое переключение рабочих КЛ (4.4) приводит к некоторому уменьшению производительности объекта карбонизации (4) до 2 часов и к ухудшению качества кристаллов гидрокарбоната натрия.

Устранить обычными системами автоматического управления колебания производительности объекта карбонизации (4), вызванные указанными технологическими особенностями, не представляется возможным.

Приведенный выше подробный анализ позволяет сделать вывод о возможности и необходимости декомпозиции общей задачи управления ПКС на задачи управления так называемыми условными объектами (УО): УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3), УО насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения сырого гидрокарбоната натрия (4-5), УО выделения сырого гидрокарбоната натрия и его термического разложения (5-6) и другими. Такая декомпозиция является естественной технологически, поскольку, например, УО (2-3) и УО (4-5) развязаны через промежуточные сборники САР (2.7) и СФЖ (5.4) по потокам аммонизированного рассола

(28.3) и фильтровой жидкости (29) соответственно, и позволяет разрабатывать и внедрять КИСУ такими объектами и ПКС в целом по стадиям при условии согласования производительности соответствующих объектов, но сначала рассмотрим краткие рекомендации по разработке функциональных схем (ФС) таких КИСУ.

3. Краткие рекомендации по разработке функциональных схем компьютерно-интегрированных систем управления условными объектами и ПКС в целом.

Для реализации КИСУ условными объектами и ПКС в целом необходимо рассмотреть разработку ФСКИСУ адресным методом по одинаковой методике, которая предусматривает:

- краткое описание технологического процесса конкретного УО с обоснованием целесообразности выполнения конкретных функций;
- описание всех функций, необходимых для реализации при разработке КИСУ условными объектами;
- обоснование выбора современных контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации (КИП и СА), в том числе микропроцессорного контроллера (МПК) для реализации описанных функций;
- описание названий компьютерно-интегрированных систем управления объектами;
- выводы о целесообразности разработки КИСУ.

Для облегчения и ускорения выбора современных КИП и СА, в том числе МПК, приведем краткое описание основных из них.

Обоснование выбора современных КИП и СА, в том числе МПК, для реализации разработанных ФСКИСУ

Современной промышленностью серийно выпускается большое количество микропроцессорных контроллеров, а также – программных средств [9, 13–20]. Рассмотрим кратко технические характеристики одного из них, который целесообразно применять при разработке КИСУ условными объектами и ПКС в целом. Это компактный, многоканальный, многофункциональный, высокопроизводительный контроллер (МПК) типа РЕМИКОНТ Р-2000 [9, 15], который эффективно решает задачи управления во многих отраслях промышленности. МПК РЕМИКОНТ Р-2000 реализует следующие задачи:

- автоматический сбор информации с первичных (ПП), передающих (ПрП), и первично-передающих (ПП/ПрП) преобразователей с уни-

фицированными выходными сигналами типов (0–5мА, 0–20мА, 4–20 мА), а также дискретных сигналов («0» – 0–7 В; «1» – 18–30 В), и ее первичная обработка по алгоритмам: фильтрации сигналов, линеаризации характеристик преобразователей, преобразование сигналов в физические единицы измерения параметров, объединенных в алгоритм «автоматический контроль»;

- автоматический контроль параметров при выходе их за нормы технологического регламента по алгоритму «технологическая сигнализация»,
- расчет и выдача управляющих воздействий по заданным законам или критериям управления на исполнительные механизмы различных типов по аналогичному алгоритму;
- автоматический пуск/останов электродвигателей различного оборудования или изменения числа их оборотов;
- логическое и программно-логическое управление технологическими агрегатами;
- математическая обработка информации по различным алгоритмам, в том числе – счетчиков и таймеров;
- регистрация и архивирование значений параметров технологических процессов с обменом данными с другими МПК в реальном времени;
- обслуживание технолога-оператора, прием и исполнение его команд, индикация значений прямых и косвенных параметров и выдача значений параметров и различных сообщений на пульт МПК и/или ПЭВМ;
- обслуживание технического персонала при наладке, программировании, ремонте, проверке технического состояния МПК;
- самоконтроль и диагностика всех устройств МПК в непрерывном и периодическом режимах, вывод информации о техническом состоянии МПК обслуживающему персоналу.

Выполнение указанных и других задач обеспечивается аппаратными, программными и языковыми средствами МПК.

В состав МПК РЕМИКОНТ Р-2000 входят: центральный микропроцессорный блок контроллера – процессор; устройства связи с объектом управления; блоки усилителей и переключателей сигналов; блоки расширения и преобразования интерфейса; блоки питания, межблочные и клеммно-блочные соединители (ОШ). В памяти МПК РЕМИКОНТ Р-2000 хранится 256 алгоритмов. Разрядность данных, которые обрабатываются процессором 8, 16, 32. Производительность процессора до 5 млн. операций в се-

кунду. Общее количество входных аналоговых унифицированных сигналов постоянного тока 4–20 мА 170; выходных (управляющих воздействий) 50; дискретных входов 176; дискретных выходов (управляющих воздействий) 176.

Конструктивно РЕМИКОНТ Р-2000 представляет собой многоплатный контроллер, который выполнен в стандарте 19" (стандарт МЭК 297, высота 4U). Центральный процессор выполнен на базе одноплатной микро-ЭВМ фирмы ACROSSER и имеет процессор 80386/40 МГц, ОЗУ – 2 МБайт, флэш-диск от 0,5 до 1,5 МБайт, диапазон рабочих температур 0–60 °С, средняя наработка на отказ составляет 200 000 часов. На флэш-диске установлена MS DOS 6.22 и универсальный загрузчик программ, которые нужно выполнять.

МПК РЕМИКОНТ Р-2000 работает в сети RS-485. Количество участников сети 256 (контроллеров), максимальная длина сети 1000 м.

Штатным пакетом для разработки и проверки прикладных программ для МПК РЕМИКОНТ Р-2000 является пакет прикладного программного обеспечения (ПО) ULTRA-LOGIK, который позволяет выполнять разработку ПО на языке функциональных блоков и проверку ПО в реальном времени. Для подключения МПК РЕМИКОНТ Р-2000 в систему SCADA (системы верхнего уровня) иерархии организационно-производственного управления в пакете ПО контроллера есть стандартные DDE и OPC сервера. Выпускается МПК РЕМИКОНТ Р-2000 ПО «Знамя», г. Полтава (Украина).

МПК по алгоритму «контроль» параметров (температуры, давления, расхода и др.) преобразовывает входные сигналы в значения этих параметров (температуры (°С), давления (МПа), расхода (м³/ч) и др.) и выдает их на лицевую панель МПК. В случае выхода параметров за нормы технологического регламента, МПК по алгоритму «технологическая сигнализация», выполняет эту функцию и сигнализирует о случившемся световой и/или звуковой сигнализацией. При этом по алгоритму «расчет и выдача управляющих воздействий», МПК рассчитывает управляющие воздействия по заданным законам и/или критериям управления и выдает их на соответствующие исполнительные механизмы (ИМ).

Для автоматического контроля температур в качестве ПП/ПрП применяют [9, 15]: от –50 до 200 °С термопреобразователи сопротивления медные типа КВАНТ ДТ.1, от –200 до 600 °С термопреобразователи сопротивления платиновые типа ТСПУ-0288, от –20 до 1300 °С термоэлек-

трические платинородиевые–платиновые преобразователи (термопары) типа ТППУ-0288, все они с унифицированными выходными сигналами постоянного тока 4–20 мА, пропорциональные измеряемым температурам, поступающие на соответствующие входы МПК.

Для автоматического контроля давлений [9, 15]: избыточного от 40 кПа до 100 МПа, перепада (разности) от 0,06 кПа до 16 МПа, абсолютного от 2,5 кПа до 16 МПа, вакуумметрического от 0,06 до 100 кПа, гидростатического от 2,5 кПа до 250 кПа, «малых» значений избыточного и вакуумметрического от $\pm 0,125$ кПа до ± 4 кПа в качестве ПрП применяют измерительные тензорезисторные преобразователи вышеназванных давлений с унифицированными выходными сигналами постоянного тока 4–20 мА, пропорциональные измеряемым давлениям, типа: КВАНТ ДИ.11, КВАНТ ДД.12, КВАНТ ДА.13, КВАНТ ДВ.14, КВАНТ ДГ.15, КВАНТ ДИВ.16 соответственно, сигналы от которых поступают на соответствующие входы МПК.

Для автоматического контроля расходов материальных потоков [9, 15] в качестве ПП применяют диафрагмы камерные с фланцевым способом отбора перепада давления на них типа ДК-0,6, сигналы от которых поступают на ПрП – измерительные тензорезисторные преобразователи перепада давления с унифицированными выходными сигналами постоянного тока 4–20 мА типа КВАНТ ДД.12, сигналы от которых поступают на соответствующие входы МПК. Изготовитель приборов серии КВАНТ НПФ «Агат-1», г. Харьков.

Для автоматического контроля расходов сыпучих материалов на участках их свободного падения применяют расходомеры массовые типа MaxxFlow с температурой контролируемого вещества до 80 °С и расходомер массовый типа SolidFlow с температурой контролируемого вещества до 200 °С. Эти расходомеры работают по принципу микроволновых (радиочастотных) преобразователей расхода. Внутри преобразователей отсутствуют выступающие части или углубления, что предотвращает образование заторов. Оба расходомера, для контроля расхода до 20 т/ч, являются ПП/ПрП с унифицированными выходными сигналами постоянного тока 4–20 мА, пропорциональными измеряемым расходам, поступающими на соответствующие входы МПК. Изготовитель компания SWR, электронный адрес: www.swr-engineering.com (ФРГ).

Для автоматического контроля уровней жидкости [9, 15] в качестве ПП применяют отборные устройства гидростатического давления типа

УД-1 (принцип действия которых основан на измерении столба жидкости и атмосферного давления, а разность этих давлений, пропорциональная уровню жидкости), сигналы от них поступают на ПрП, в качестве которых применяют измерительные тензорезисторные преобразователи гидростатического давления с унифицированными выходными сигналами постоянного тока 4–20 мА типа КВАНТ ДГ.15, пропорциональные измеряемому уровню, сигналы от них поступают на соответствующие входы МПК.

Для автоматического контроля величины pH жидкости [9, 15] в качестве ПП применяют автоматические pH-метры типа pH-261, выходные сигналы от которого поступают на ПрП, в качестве которых применяют нормирующие преобразователи с унифицированными выходными сигналами постоянного тока 4–20 мА типа Ш-703, пропорциональными измеряемой величине pH, сигналы от них поступают на соответствующие входы МПК..

Для автоматического контроля концентрации диоксида углерода применяют автоматические газоанализаторы этого газа с температурой от –40 до 50 °С типа ОКА, являющийся ПП/ПрП с унифицированными выходными сигналами постоянного тока 4–20 мА, пропорциональными измеряемым концентрациям, поступающими на соответствующие входы МПК. Изготовитель ИКЦ КИП Комплект, Уфа.

Для осуществления пуска/останова электродвигателей и изменения числа их оборотов в качестве ИМ применяют электромагнитные пускатели типа ПМЕ в комплекте, а для изменения расхода материальных потоков в качестве ИМ применяют однооборотные электродвигатели типа МЭО-1 с тормозом, механически соединенные с регулирующими органами [9, 15].

Условное изображение на рисунках всех фрагментов ФСКИСУ функций, которые реализованы МПК, показано окружностями (диаметр 2 мм), обозначение автоматического контроля параметров – буква «К», технологической сигнализации этих параметров при выходе за нормы технологического регламента – буква «С», расчета и выдачи управляющих воздействий на соответствующие ИМ – буква «У».

Без нарушения требований ДСТУ к разработке ФСКИСУ и в связи со сложными технологическими схемами всех условных объектов ПКС целесообразно рассматривать краткие описания этих объектов и разрабатывать для них фрагменты ФСКИСУ.

Л е к ц и я 2

Компьютерно-интегрированная система управления условным объектом регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС

1. Физико-химические основы процесса условного объекта регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС

2. Разработка функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС

Существует несколько причин [6], объясняющих вывод о возможности и необходимости декомпозиции общей задачи КИСУ ПКС на задачи управления УО, и в первую очередь, для разработки КИСУ УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3):

- анализ общей суммы затрат на 1 т кальцинированной соды подтверждает, что на реализацию технологического процесса УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) приходится более 60 % всех затрат на ПКС;
- потери ПКС во многом обусловлены нарушениями технологического режима в этом УО (2-3);
- УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) производит существенную часть жидких отходов (суспензии дистилляции) ПКС ($9,1 \text{ м}^3$ на 1 т соды) и при нарушении режима его работы значительно увеличивается степень загрязнения окружающей среды.

Перечисленные причины определяют необходимость рассмотреть в первую очередь УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) для разработки КИСУ этим объектом.

1. Физико-химические основы процесса условного объекта регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС

В УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) входят аппараты двух объектов. Первый – объект абсорбции (2) в составе: напорный бак (2.1) очищенного рассола (28.2),

промыватель воздуха фильтров (ПВФЛ) (2.2), промыватель газа абсорбции (ПГАБ) (2.3), второй промыватель газа колонн (ПГКЛ-2) (2.4), абсорбер (АБ) (2.5) (аппараты ПВФЛ (2.2), ПГАБ (2.3), ПГКЛ-2 (2.4) и АБ (2.5) представляют собой одну абсорбционную колонну или один элемент), пластинчатый холодильник (2.6) и сборник (САР) (2.7) аммонизированного рассола (28.3). Второй – объект дистилляции (3) в составе: напорный бак (3.1) фильтровой жидкости (29), конденсатор-холодильник газа дистилляции (КХДС) (3.2), теплообменник дистилляции (ТДС) (3.3), дистиллер (ДС) (3.4) (аппараты КХДС (3.2), ТДС (3.3) ДС (3.4) представляют собой одну дистилляционную колонну или один элемент), смеситель (реактор с мешалкой) (СМ) (3.5), испарители (ИС) (3.6), конденсатор-холодильник дистилляции слабых жидкостей (КХДСЖ) (3.7), дистиллер слабой жидкости (ДСЖ) (3.8), сборник дегазованной жидкости (СДЖ) (3.9).

Основным назначением УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) является практически полная регенерация аммиака и диоксида углерода из фильтровой жидкости (29) как ведущего потока этого УО и формирование непрерывного материального потока парогазовой смеси (2;10;11), направляемой на получение регламентного количества аммонизированного рассола (28.3) в виде непрерывного материального потока [1, 2, 6], подаваемого на объект карбонизации (4) со следующими технологическими показателями:

- содержание в парогазовой смеси, % (масс.):

аммиака	51–53,
диоксида углерода	26–28,
- содержание в аммонизированном рассоле, н.д.:

прямой титр аммиака	100–106,
хлорид-ионов	не менее 89,
- температура парогазовой смеси, °С 58–60,
- температура аммонизированного рассола, °С 28–32.

При этом одновременно УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) должен обеспечить поглощение аммиака (11) из выхлопных газов ПКС с доведением концентрации аммиака в них до санитарных норм.

Очищенный рассол (28.2) из напорного бака (2.1) этого рассола при температуре не выше 22 °С подается двумя потоками: первый – в ПВФЛ (2.2) для насыщения аммиаком смеси воздуха и аммиака (3;11) из объекта фильтрования (5), второй – в ПГКЛ-2 (2.4) для насыщения диоксидом

углерода парогазовой смеси (2;10.5) из объекта карбонизации (4). Из ПВФЛ (2.2) рассол поступает в ПГАБ (2.3) для насыщения аммиаком парогазовой смеси из АБ (2.5). Рассолы из ПГАБ (2.3) и ПГКЛ-2 (2.4) поступают в АБ (2.5). Для насыщения этих рассолов в АБ (2.5) подают парогазовую смесь (2; 10; 11) из КХДС (3.2) и КХДСЖ (3.7) при температуре 58–60 °С, содержащую аммиак (11) 52 % (масс.), диоксид углерода (10) 25 % (масс.) и пары (2) 23 % воды.

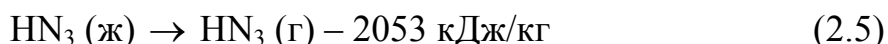
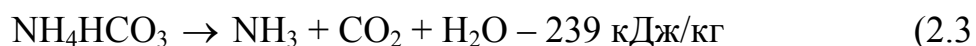
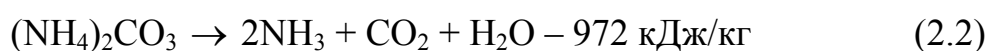
Уменьшение количества паров воды позволяет увеличить концентрацию аммиака и хлорида натрия в рассоле. Аммиак (11) хорошо растворяется в воде и рассоле. Диоксид углерода (10), присутствующий в аммиачных растворах, связывает аммиак в углеаммонийные соли карбамата аммония по реакции:



Образование карбамата аммония создает благоприятные условия для поглощения аммиака и диоксида углерода, так как при этом снижается равновесное давление NH_3 и CO_2 над раствором. В то же время поглощение NH_3 рассолом сопровождается выделением тепла, что приводит к разогреву раствора и росту равновесного давления NH_3 над раствором и снижению движущей силы абсорбции, поскольку давление NH_3 в поступающей парогазовой смеси сравнительно постоянно. Отсюда вытекает необходимость охлаждения рассола при его абсорбции. Повышение температуры рассола, с одной стороны, увеличивает равновесное давление NH_3 над раствором и снижает скорость и полноту поглощения NH_3 , а, с другой стороны, увеличивает скорость химических реакций, которыми сопровождается поглощение CO_2 . Скорость химических реакций (при температуре потока жидкости менее 55 °С) определяет процесс поглощения CO_2 аммонизированным рассолом, поэтому верхнюю часть АБ (2.5) обычно не охлаждают и поддерживают температуру в аппарате настолько высокой, насколько это позволяют скорость и полнота поглощения аммиака. Поскольку абсорбция диоксида углерода идет значительно медленнее, чем аммиака, поэтому аппаратура объекта должна обеспечить поглощение заданного количества аммиака и максимально возможного количества диоксида углерода.

Фильтровая жидкость (29) из напорного бака (3.1) этой жидкости при температуре 25–30 °С подается в конденсаторную часть КХДС (3.2), где нагревается и при температуре 35–40 °С начинается разложение гидро-

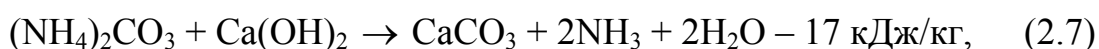
карбоната аммония и выделение диоксида углерода. При дальнейшем нагревании этой жидкости до 65–70 °С начинает диссоциировать карбонат аммония. Образующийся аммиак остаётся в жидкости, отрицательно влияя на скорость и полноту выделения диоксида углерода, так как увеличивает его растворимость, а жидкость, прошедшая КХДС (3.2), при температуре 70–78 °С поступает в ТДС (3.3), где температура жидкостного потока повышается до 90 °С, разложение карбоната аммония резко ускоряется. При дальнейшем подогреве жидкости до температуры кипения, почти весь диоксид углерода десорбируется. В КХДС (3.2) и ТДС (3.3) протекают следующие реакции [6]:



Жидкость из ТДС (3.3) направляется в СМ (реактор с мешалкой) (3.5), сюда же при температуре 90 °С поступает из объекта гашения извести (8) известковая суспензия (33.1), содержащая 200–220 н.д. активной извести (СаО). Пар (2.1), подаваемый в нижнюю часть ДС (3.4), проходит противотоком указанные выше аппараты, а парогазовая смесь (2;11.1) после ДС (3.4) сначала поступает в СМ (3.5). В результате чего в СМ (3.5) осуществляется процесс регенерации аммиака из хлорида аммония:



Образующийся при этом свободный аммиак выделяется в парогазовую смесь (2;11) и поступает в ТДС (3.3) и далее в КХДС (3.2), а суспензия (33.2) в ДС (3.4), из которого суспензии дистилляции (34) через испарители (3.6) (после них – 34.1) поступает в специальные отстойники. Кроме того, в СМ (3.5) вступают в реакцию с гидроксидом кальция оставшиеся в фильтровой жидкости карбонатные соли:



что приводит к перерасходу гидроксида кальция.

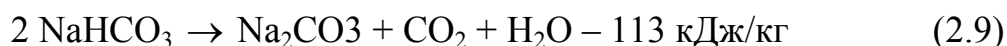
Из всех побочных реакций, протекающих в СМ (3.5) и ДС (3.4), наиболее нежелательной является образование гипса, который отлагается на внутренней поверхности аппаратов и трубопроводов:



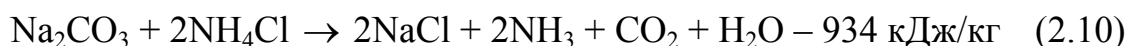
Наличие инкрустаций (гипсовой корки) в ДС (3.4) зависит как от условий образования сульфата кальция (CaSO_4), так и от аппаратного оформления объекта дистилляции (3). В диапазоне температур, наблюдаемых в ДС (3.4), сульфат кальция образует две кристаллические модификации: ниже 93°C – двухводный гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), выше 93°C – полуводный ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$). Если $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, выпавший при температуре ниже критической, нагревать, то при 93°C он начинает переходить в полуводную форму.

Режим работы при температуре выше 93°C называют «горячим», ниже 93°C – «холодным». Наибольшее распространение получил «горячий» режим работы ДС (3.4), при котором значительно меньшая скорость роста инкрустаций (гипсовой корки).

Кроме фильтровой жидкости (около 80 % нагрузки) в аппараты объекта дистилляции слабых жидкостей (3.7–3.9) поступают и перерабатываются также все жидкости, образующиеся в результате промывки газов и аппаратов ПКС, которые называют слабыми, содержащими в растворенном виде гидрокарбонат (NaHCO_3) и карбонат (Na_2CO_3) натрия. При подогреве гидрокарбонат натрия (NaHCO_3) диссоциирует с выделением газообразного CO_2 :



Карбонат натрия (Na_2CO_3) реагирует с хлоридом аммония (NH_4Cl):



Процессы, проходящие в аппаратуре дистилляции и дистиляции слабых жидкостей, взаимосвязаны, поэтому они рассматриваются в составе единой технологической схемы регенерации аммиака и диоксида углерода из жидкостей ПКС.

2. Разработка функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС

Краткое описание технологического процесса условного объекта регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС с обоснованием целесообразности выполнения конкретных функций

Для УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) разработан фрагмент ФСКИСУ (рис. 2).

Фильтровая жидкость (29) из СФЖ (5.4) объекта фильтрования (5) насосами (на рис. 2 не показаны) подается в напорный бак (3.1), из которого самотеком поступает в КХДС (3.2) – вертикальный аппарат прямоугольного сечения 2,9×2,2 м (по фланцам), высотой 15,7 м, состоящий из конденсаторной и холодильной частей.

Конденсаторная часть состоит из четырёх отдельных корпусов (царг), холодильная из двух. В каждом корпусе (царге) установлены по три секции. Переток жидкости из верхних секций в нижние осуществляется при помощи внешних штуцеров. Парогазовая смесь поступает через штуцер и переходит из конденсаторной части в холодильную через патрубки. Фильтровая жидкость (29) поступает в конденсаторную верхнюю часть каждой царги, выходит из её нижней части и переходит в следующую царгу.

Диоксид углерода (10), выделяющийся из жидкости, по специальным коммуникациям отводится из верхней части каждой царги и направляется в холодильную часть КХДС (3.2) для охлаждения водой (1.1.1) (1.1.2 на выходе), после которой через общий коллектор парогазовой смеси (2;10;11), направляется на объект абсорбции (2).

Жидкость после КХДС (3.2), нагретая до 70–78 °С, поступает в верхнюю царгу ТДС (3.3) – вертикальный аппарат, высотой 15 м и диаметром 3,2 м, состоящий из 14 чугунных царг, между которыми установлены контактные элементы. В ТДС (3.3) происходит разложение карбонатов аммония, содержащихся в жидкости, а образующийся диоксид углерода (10) практически полностью отгоняется. Из ТДС (3.3) поток жидкости (29.1), нагретый до 95–98 °С, направляется в СМ (3.5) – вертикальный стальной резервуар (реактор), диаметром 3,2 м и высотой 10,7 м, снабженный рамной мешалкой. Верхняя, не заполненная жидкостью, часть СМ (3.5) служит сепаратором брызг, поступающих с парогазовой смесью из ДС (3.4). Сюда же при 90 °С поступает известковая суспензия (33.1) из объекта гашения извести (8).

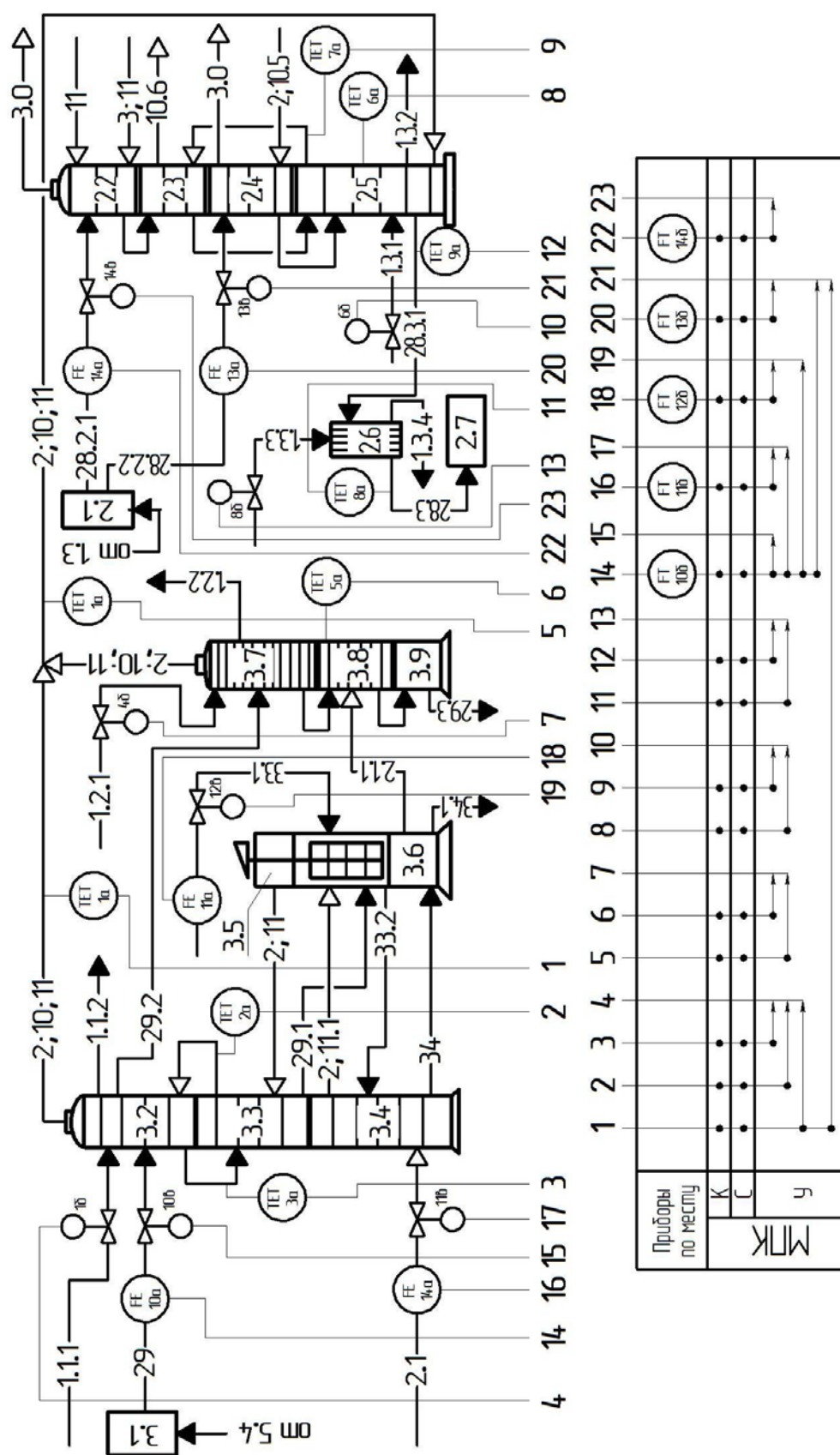


Рисунок 2 – Фрагмент функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС

Пребывание суспензии (33.1) в СМ (3.5) в течение 40–60 минут обеспечивает кристаллизацию гипса и позволяет увеличить пробег ДС (3.4) между чистками.

Из нижней части СМ (3.5) суспензия (33.2) поступает в верхнюю часть ДС (3.4) – вертикальный аппарат с внутренним диаметром 3,0 м и высотой 21,7 м, состоящий из 22 чугунных царг. Пар (2.1) под давлением поступает в ДС (3.4) через колокол, к которому крепится специальный отбойник для защиты отверстий вывода суспензии дистилляции (34) от прямого попадания пара. Парогазовые смеси (2;11.1 и 2;11) в объекте дистилляции движутся противотоком по отношению к жидкости, при этом парогазовая смесь (2;11.1), содержащая аммиак, из верхней царги ДС (3.4) поступает в сепарационное пространство СМ (3.5), из которого направляется в нижнюю царгу ТДС (3.3), и далее в КХДС (3.2).

Суспензия (33.2) из СМ (3.5) поступает в ДС (3.4) и движется в нем сверху постепенно теряя аммиак (11) в результате контактирования с поднимающейся вверх парогазовой смесью. Окончательная регенерация аммиака (11) осуществляется паром (2.1) в ДС (3.4), из которого суспензия дистилляции (34) при температуре 108–115 °С поступает в ИС (3.6), а из них суспензия (34.1) направляется в отстойники (на рис. 2 не показаны).

Пар (2.1.2) после ИС (3.6) (за счет само испарения жидкостей при снижении давления) под давлением поступает в аппараты (3.8 и 3.9) дистилляции слабой жидкости. Слабая жидкость (29.2), выделяющаяся в холодильной части КХДС (3.2), подается в конденсаторную часть КХДСЖ (3.7) – вертикальный аппарат прямоугольного сечения 2,37×3,03 м, высотой 6,9 м, состоит из 3 отдельных корпусов. По конструкции и принципу действия КХДСЖ (3.7) аналогичен КХДС (3.2). Отличается он лишь тем, что слабая жидкость холодильной и конденсаторной частей аппарата, смешиваясь при температуре 73–77 °С, поступают в верхнюю царгу ДСЖ (3.8) – вертикальный аппарат, с внутренним диаметром 2 м и высотой 15,7 м, состоит из 15 царг, в нем происходит дистилляция аммиака (11) и диоксида углерода (10) из слабой жидкости паром (2.1.2). Парогазовая смесь (2;10;11), прошедшая ДСЖ (3.8), а затем КХДСЖ (3.7), в холодильную часть которого для её охлаждения подается вода (1.2.1) (1.2.2 на выходе), при 58–60 °С направляется на объект абсорбции (2), соединяясь с такой же смесью из КХДС (3.2). Дегазованная жидкость после ДСЖ (3.8) собирается в СДЖ (3.9), откуда её направляют в ПГК (6.22) УО кальцинации (6) (на рис. 2 не показан).

Очищенный рассол (28.2) из СОР (1.3) УО (1) насосами (на рис. 2 не показаны) подается в напорный бак (2.1), из которого самотеком поступает двумя потоками в два аппарата.

Первый поток (28.2.2) поступает в ПВФЛ (2.2) – вертикальный колпачковый аппарат с барботажными контактными элементами и противотоком жидкости и воздушной смеси, высотой 6,3 м и диаметром 2,8 м. В него поступает около 20 % очищенного рассола (28.2) и происходит улавливание аммиака из смеси воздуха и аммиака (3;11) объекта фильтрации (5), которая просасывается вакуум-насосами (9.1, 9.2) УО компрессоров (9) (на рис. 2 не показаны), и в атмосферу выбрасывается практически чистый воздух (3.0). При необходимости в ПВФЛ (2.2) подают аммиак (11).

Второй поток (28.2.1) поступает в ПГКЛ-2 (2.4) – вертикальный колпачковый аппарат с барботажными контактными элементами и противотоком жидкости и газа, высотой 7,1 м и диаметром 2,8 м. В него поступает около 80 % подаваемого очищенного рассола (28.2) и происходит поглощение диоксида углерода из парогазовой смеси (2;10.5), поступающей под давлением из ПГКЛ-1 (4.3) объекта карбонизации (4), а через сепаратор (на рис. 2 не показаны) практически чистый воздух (3.0) выбрасывается в атмосферу. Прямой титр жидкости на выходе ПГКЛ-2 (2.4) 15–21 н.д., а содержание хлорид-ионов 102–104 н.д.

Жидкость из ПВФЛ (2.2) перетекает по сифонам, образующих гидравлические затворы, в ПГАБ (2.3) – высотой 6 м и диаметром 2,8 м. По конструкции он одинаков с ПВФЛ (2.2). Через ПГАБ (2.3) вакуум-насосами (9.1,9.2) УО компрессоров (9), просасываются газовые смеси, поступающие из АБ (2.5), при этом аммиак (11) абсорбируется, а диоксид углерода (10.6) подаётся в ПГК (6.22) УО кальцинации (6) (вакуум-насосы и ПГК на рис. 2 не показаны). Жидкость на выходе ПГАБ (2.3) имеет прямой титр ~ 8 н.д.

Жидкости из ПГАБ (2.3) и ПГКЛ-2 (2.4) поступают в АБ (2.5) – вертикальный противоточный аппарат, оснащенный распределительным устройством, противоточными решетчатыми и трубно-решетчатыми, а также перераспределительными тарелками, высотой 19,8 м и диаметром 2,8 м. Он состоит из 20 отдельных царг, в которых установлены противоточные трубно-решетчатые и противоточные решетчатые тарелки. Верхняя часть АБ (2.5) снабжена четырьмя противоточными решетчатыми тарелками и одной распределительной тарелкой, предназначенной для равномерного распределения поступающей сверху жидкости по всему сечению

аппарата. Слабо аммонизированный рассол нагревается до температуры, близкой к 60 °С, что позволяет в нижней части АБ (2.5) отводить тепло более эффективно. Поэтому нижняя часть АБ (2.5) оборудована 12 восьмьюходовыми противоточными трубно-решетчатыми тарелками, тремя перераспределительными решетчатыми противоточными тарелками, предназначенными для перераспределения потока стекающей жидкости. Теплообменные секции установлены горизонтально в боковых фланцевых разъемах царг перпендикулярно продольной оси аппарата. Жидкости, поступившие в АБ (2.5), насыщаются аммиаком и диоксидом углерода из парогазовой смеси (2;10;11) объекта дистилляции (3), поэтому нагреваются до температуры свыше 68 °С, газы же после него подаются в нижнюю часть ПГАБ (2.3). В нижнюю часть АБ (2.5) по трубкам поступает вода (1.3.1) для отвода выделяющегося тепла (1.3.2 на выходе), в результате температура аммонизированного рассола (28.3.1) на выходе АБ (2.5) снижается до 60–65 °С. Дальнейшее охлаждение этого рассола происходит охлаждающей водой (1.3.3) в пластинчатом холодильнике (2.6) (1.3.4 на выходе), после которого аммонизированный рассол (28.3) с температурой 28–32 °С, прямым титром 100–106 н.д. и содержанием хлорид-ионов не менее 89 н.д. направляется в САР (2.7). Следует отметить, что рассмотренные аппараты, за исключением ПГКЛ-2 (2.4), работают в условиях вакуума. При этом исключаются проскоки аммиака (11) через неплотности аппаратов и трубопроводов в рабочее помещение.

Ведущим потоком [6] для УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) является расход фильтровой жидкости (29) из напорного бака (3.1) этой жидкости в КХДС (3.2), так как по технологии ПКС этот расход необходимо полностью переработать. Величина его устанавливается на значении, соответствующем средней производительности ПКС. Расходы пара (2.1) в ДС (3.4), известковой суспензии (33.1) в СМ (3.5) и очищенного рассола (28.2.1) из напорного бака (2.1) рассола в ПГКЛ-2 (2.4) являются зависимыми и должны приводиться в соответствие с величиной ведущего потока по имеющимся математическим моделям или пропорционально-интегральному (ПИ) закону управления. Расходы воды (1.1.1, 1.2.1, 1.3.1, 1.3.3) для обеспечения требуемых температурных режимов материальных потоков в аппаратах КХДС (3.1), КХДСЖ (3.7), АБ (2.5) и пластинчатом холодильнике (2.6) необходимо стабилизировать по ПИ закону управления. Расход очищенного рассола (28.2.2) в ПВФЛ (2.2) из напорного бака (2.1) необходимо стабилизировать по ПИ закону управления. Расходы парогазовой смеси

(2;10.5) из ПГКЛ-1 (4.3) объекта карбонизации (4) в ПГКЛ-2 (2.4) и смеси воздуха и аммиака (3;11) из объекта фильтрования (5) целесообразно стабилизировать в соответствующих объектах по ПИ закону управления. Ведущими для аппаратов (3.7–3.9) дистилляции слабых жидкостей являются расходы слабых жидкостей (29.2) и аммиачных конденсатов, так как по технологии ПКС их необходимо полностью переработать.

С учетом вышеизложенного для разработки фрагмента ФСКИСУ условным объектом регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) целесообразно предусмотреть реализацию нижеследующих задач.

Для обеспечения регламентных значений температуры парогазовой смеси (2;10;11) в АБ (2.5) необходимо реализовать автоматические контроль температуры указанной смеси после КХДС (3.2) и КХДСЖ (3.7) с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление этой температурой изменением расхода воды (1.1.1) в холодильную часть КХДС (3.2) с коррекцией по температурам: газа из ТДС (3.3) в КХДС (3.2) и жидкости из КХДС (3.2) в ТДС (3.3), а также изменением расхода воды (1.2.1) в холодильную часть КХДСЖ (3.7) с коррекцией по температуре жидкости в верхней части ДСЖ (3.8).

Для обеспечения требуемого снижения температуры аммонизированного рассола (28.3.1) в нижней части АБ (2.5), необходимо реализовать автоматические контроль указанной температуры с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление этой температурой изменением расхода воды (1.3.1) в нижнюю часть АБ (2.5) с коррекцией по температуре парогазовой смеси из АБ (2.5) в ПГАБ (2.3).

Для обеспечения регламентного значения температуры аммонизированного рассола (28.3) после пластинчатого холодильника (2.6), необходимо реализовать автоматические контроль этой температуры с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление этой температурой изменением расхода охлаждающей воды (1.3.3) с коррекцией по температуре аммонизированного рассола (28.3.1) на выходе из АБ (2.5).

Для обеспечения регламентного расхода фильтровой жидкости (29) как ведущего потока УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) из напорного бака (3.1) в КХДС (3.2) необходимо реализовать автоматические контроль этого расхода с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление этим расходом.

Для обеспечения требуемого значения расхода пара (2.1) в ДС (3.4), соответствующего расходу ведущего потока фильтровой жидкости (29), необходимо реализовать автоматический контроль этого расхода с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление расходом этого пара с коррекцией по расходу фильтровой жидкости (29).

Для обеспечения требуемого значения расхода известковой суспензии (33.1) в СМ (3.5), соответствующего расходу ведущего потока фильтровой жидкости (29), необходимо реализовать автоматический контроль этого расхода с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление расходом этой суспензии с коррекцией по расходу фильтровой жидкости (29).

Для обеспечения требуемого значения расхода очищенного рассола (28.2.2) из напорного бака (2.1) в ПГКЛ-2 (2.4), соответствующего расходу ведущего потока фильтровой жидкости (29), необходимо реализовать автоматический контроль этого расхода с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление расходом этого рассола с коррекцией по расходу фильтровой жидкости (29) и температуре парогазовой смеси (2;10;11), поступающей в АБ (2.5).

Для обеспечения регламентного значения расхода очищенного рассола (28.2.1) из напорного бака (2.1) в ПВФЛ (1), необходимо реализовать автоматический контроль этого расхода с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление этим расходом.

Описание функций, реализуемых при разработке компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3)

Для фрагмента ФСКИСУ УО (2-3) необходимо выполнить следующие функции:

- автоматический контроль температуры парогазовой смеси (2;10;11) из КХДС (3.2) в АБ 2.5), технологическая сигнализация в случае выхода её за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление температурой этой смеси изменением расхода воды (1.1.1) в холодильную часть КХДС (3.2) с коррекцией по температурам: газа из ТДС (3.3) в КХДС (3.2) и жидкости из КХДС (3.2) в ТДС (3.3);

- автоматический контроль температуры парогазовой смеси (2;10;11) из КХДСЖ (3.7) в АБ (2.5), технологическая сигнализация в случае выхода её за нормы технологического регламента, расчет и выдача

управляющих воздействий на управление этой температурой изменением расхода воды (1.2.1) в холодильную часть КХДСЖ (3.7) с коррекцией по температуре жидкости в верхней части ДСЖ (3.8);

- автоматический контроль температуры аммонизированного рассола (28.3.1) в нижней части АБ (2.5), технологическая сигнализация в случае выхода её за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление этой температурой изменением расхода воды (1.3.1) в нижнюю часть АБ (2.5) с коррекцией по температуре парогазовой смеси из АБ (2.5) в ПГАБ (2.3);

- автоматический контроль температуры аммонизированного рассола (28.3) на выходе пластинчатого холодильника (2.6), технологическая сигнализация в случае выхода её за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление этой температурой изменением расхода охлаждающей воды (1.3.3) в этот холодильник (2.6) с коррекцией по температуре аммонизированного рассола (28.3.1) на выходе из АБ (2.5);

- автоматический контроль расхода фильтровой жидкости (29) из напорного бака (3.1) в КХДС (3.2), технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление изменением расхода фильтровой жидкости (29) как ведущего потока УО (2-3);

- автоматический контроль расхода пара (2.1) в ДС (3.4), технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление изменением расхода этого пара (2.1) с коррекцией по расходу фильтровой жидкости (29) как ведущего потока УО (2-3);

- автоматический контроль расхода известковой суспензии (33.1) в СМ (3.5), технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление расходом этой суспензии (33.1) с коррекцией по расходу фильтровой жидкости (29) как ведущего потока УО (2-3);

- автоматический контроль расхода очищенного рассола (28.2.2) из напорного бака (2.1) в ПГКЛ-1 (2.4), технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление изменением расхода этого рассола (28.2.2) с коррекцией по расходу фильтровой жидкости (29) как ведущего потока УО (2-3) и температуре парогазовой смеси (2;10;11) из КХДС (3.2) в АБ 2.5);

- автоматический контроль расхода очищенного рассола (28.2.1) из напорного бака (2.1) в ПВФЛ (2.2), технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление изменением расхода этого рассола (28.2.1).

Для реализации разработанных функций целесообразно применять выбранные современные КИП и СА, в том числе МПК (см. лекцию 1, раздел 3)

Описание названий компьютерно-интегрированных систем управления (КИСУ) условным объектом регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3)

Названия КИСУ (здесь и далее) включают основные элементы, их позиции и типы КИП и СА (в том числе МПК) в порядке, как указаны функции.

1. КИСУ регламентным значением температуры парогазовой смеси как ведущего потока из КХДС в АБ изменением расхода воды в холодильную часть КХДС с коррекцией по температурам газа из ТДС в КХДС и жидкости из КХДС в ТДС:

ПП/ПрП – поз. 1-а; 2-а; 3-а – КВАНТ ДТ.1;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 1-б – МЭО-1.

2. КИСУ регламентным значением температуры парогазовой смеси из КХДСЖ в АБ изменением расхода воды в холодильную часть КХДСЖ с коррекцией по температуре жидкости в верхней части ДСЖ:

ПП/ПрП – поз. 4-а; 5-а – КВАНТ ДТ.1;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 4-б – МЭО-1.

3. КИСУ регламентным значением температуры аммонизированного рассола в нижней части АБ изменением расхода воды в нижнюю часть АБ с коррекцией по температуре парогазовой смеси из АБ в ПГАБ:

ПП/ПрП – поз. 6-а; 7-а – КВАНТ ДТ.1;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 6-б – МЭО-1..

4. КИСУ регламентным значением температуры аммонизированного рассола на выходе пластинчатого холодильника изменением расхода

охлаждающей воды в этот холодильник с коррекцией по температуре аммонизированного рассола на выходе из АБ:

ПП/ПрП – поз. 8-а; 9-а – КВАНТ ДТ.1;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 8-б – МЭО-1.

5. КИСУ расходом фильтровой жидкости из напорного бака в КХДС изменением расхода фильтровой жидкости как ведущего потока УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС:

ПП – поз. 10-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 10-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 10-в – МЭО-1.

6. КИСУ расходом пара в ДС изменением расхода этого пара с коррекцией по расходу фильтровой жидкости как ведущего потока УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС:

ПП – поз. 10-а; 11-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 10-б; 11-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 11-в – МЭО-1.

7. КИСУ расходом известковой суспензии в СМ изменением расхода этой суспензии с коррекцией по расходу фильтровой жидкости как ведущего потока УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС:

ПП – поз. 10-а; 12-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 10-б; 12-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 12-в – МЭО-1.

8. КИСУ расходом очищенного рассола из напорного бака в ПГКЛ-2 изменением расхода этого рассола с коррекцией по расходу фильтровой жидкости как ведущего потока УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС и температуре парогазовой смеси, поступающей в АБ:

ПП/ПрП – поз. 1-а – КВАНТ ДТ.1;

ПП – поз. 10-а; 13-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 10-б; 13-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 13-в – МЭО-1.

9. КИСУ расходом очищенного рассола из напорного бака в ПВФЛ изменением расхода этого рассола:

ПП – поз. 14-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 14-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 14-в – МЭО-1.

Выводы

Разработанный фрагмент ФСКИСУ условным объектом регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС обеспечивает полную регенерацию аммиака и диоксида углерода из фильтровой жидкости как ведущего потока условного объекта регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС и формирование непрерывного материального потока парогазовой смеси с температурой 58–60 °С и содержанием аммиака 51–53 % (масс.) и диоксида углерода 26–28 % (масс.); способствует поглощению очищенным рассолом аммиака и частично диоксида углерода из всех поступающих газовых смесей и получению регламентного количества аммонизированного рассола, передаваемого в условный объект насыщения этого рассола диоксидом углерода и выделения сырого гидрокарбоната натрия с температурой 28–32 °С и содержанием прямого титра аммиака 100–106 н.д., хлорид-ионов не менее 89 н.д., что позволяет уменьшить расходы на 1 т кальцинированной соды: пара на 0,01 Гкал, известковой суспензии на 0,09 кг, аммонизированного рассола на 0,04 м³.

Л е к ц и я 3

Компьютерно-интегрированная система управления условным объектом насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия

1. Физико-химические основы процесса условного объекта насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия

2. Разработка функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия

Известно [1, 2, 6], что в состав УО насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната (4-5) входит объект насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода (карбонизации) (4), который является основным объектом ПКС и от его работы зависит работа всех объектов и технико-экономические показатели работы ПКС в целом. При нормальной работе производительность объекта карбонизации (4) определяет производительность других объектов ПКС, поэтому выбор ведущего потока для реализации КИСУ этим объектом (4) определяет ведущий поток при таком же управлении ПКС. Сегодня практически для всех ПКС мира в качестве ведущего потока объекта насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода (4) принят поток диоксида углерода из УО получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии (7-8).

1. Физико-химические основы процесса условного объекта насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия

В УО насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия (4-5) входят аппараты двух объектов. Первый – объект карбонизации (4) в составе: колонна предварительной карбонизации (КЛПК) (4.1), холодильник предкарбонизованной жидкости (ХПЖ) (4.2), первый промыватель газа колонн (ПГКЛ-1) (4.3), рабочие карбонизационные колонны (рабочие КЛ) (4.4), насос (5.5) с электродвигателем перекачки предкарбонизованной жидкости из ПГКЛ-1 (4.3) через ХПЖ (4.2) в рабочие КЛ (4.4), насос (4.6) с электро-

двигателем подачи аммонизированного рассола (28.3) в КЛПК (4.1). Второй – объект фильтрования (5) в составе: барабанный вакуум-фильтр (ВФЛ) (5.1), напорный бак (5.2) промывной воды (1.5), сепаратор (5.3) разделения смеси воздуха, аммиака и жидкости (3;11;29), сборник (СФЖ) (5.4) фильтровой жидкости (29), общая емкость (5.5) гидрокарбонатной суспензии (30), насос (5.6) с электродвигателем перекачки избытка суспензии (30.1) из корыта ВФЛ в емкость (5.5), насос (5.7) с электродвигателем подачи фильтровой жидкости (29) из СФЖ (5.4) в напорный бак (3.1) УО (2-3).

Основным назначением УО насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия (4-5) является насыщение аммонизированного рассола (28.3) из УО (2-3) диоксидом углерода, в результате которого образуется суспензия гидрокарбоната натрия (30) с содержанием для осветленной части гидрокарбонатной суспензии общего аммиака 92–97 н.д., хлорид-ионов 95 н.д. и температурой 26–32 °С; выделение фильтрованием из этой суспензии кристаллов гидрокарбоната натрия – влажного гидрокарбоната натрия (31) с влажностью 13–18 %, а также содержанием хлорида натрия не более 0,4 %, и общего аммиака не более 0,8 %; подачу фильтровой жидкости (29) в УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3).

Процесс, протекающий в объекте карбонизации (4), очень сложный. Получив на выходе суспензию, соответствующую вышеприведенным данным, нельзя однозначно определить её качество, которое определяется качеством содержащегося в ней продукта – гидрокарбоната натрия. Оценку работы рабочей КЛ (4.4) дают по безразмерному техническому критерию оптимальности, учитывающему расход гидрокарбонатной суспензии (30) из рабочих КЛ (4.4), концентрацию связанного аммиака в осветленной части суспензии и содержание остаточной влаги в гидрокарбонате натрия (31).

В результате процесса карбонизации из раствора в осадок выпадает гидрокарбонат натрия, образующийся по реакции:



Эта реакция характеризует конечный результат взаимодействия хлорида натрия и гидрокарбоната аммония. В действительности этот процесс протекает гораздо сложнее, его механизм окончательно не выяс-

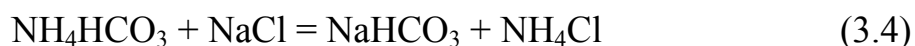
нен, а поэтому его ведут ступенчато. На первой ступени карбонизации большая часть диоксида углерода связывается в карбамат аммония:



который затем гидролизуется:



с образованием пересыщенного по HCO_3^- раствора. В зависимости от условий карбонизации пересыщение может достигать 10–15 н.д. HCO_3^- . Затем из пересыщенного раствора кристаллизуется гидрокарбонат натрия, образующийся по реакции:



Кристаллизация гидрокарбоната натрия подчиняется общим закономерностям и зависит прежде всего от температуры, пересыщения и скорости пересыщения раствора. Следует отметить, что приведенная выше схема образования NaHCO_3 условна и отражает реальный процесс лишь в упрощенном виде. Процесс насыщения аммонизированного рассола (28.3) диоксидом углерода является экзотермическим (выделяется около 1260 МДж на 1 т соды). Выделяющееся тепло реакции в конечной ступени процесса необходимо отводить, чтобы обеспечить необходимые степени карбонизации раствора и утилизации (использования) натрия. Скорость кристаллизации гидрокарбоната натрия при постоянной температуре зависит от содержания связанного аммиака в равновесном и метастабильном растворах с учетом константы скорости кристаллизации. Разность в содержании связанного аммиака в равновесном и метастабильном растворах равна пересыщению раствора по гидрокарбонату натрия в данный момент. Степень карбонизации раствора зависит от содержания диоксида углерода в газе карбонизации (10.4). Чем выше среднее содержание диоксида углерода, тем выше производительность рабочих КЛ (4.4) и тем меньше объем газа, проходящего через ПГКЛ-1 (4.3), что, в свою очередь, снижает выдувание аммиака и уменьшает расход энергии на транспортирование газа.

Показателем, характеризующим переход натрия из хлорида натрия в сырой гидрокарбонат натрия (31), служит степень утилизации натрия, которая представляет собой отношение количества натрия, содержащегося

во влажном гидрокарбонате натрия (31), к количеству натрия в хлориде натрия, поступающем с аммонизированным рассолом (28.3) в КЛПК (4.1).

Согласно реакции (3.1) при выпадении кристаллов гидрокарбоната натрия образуется эквивалентное количество хлорида аммония (связанного аммиака). Поэтому количество осажденного натрия определяют по содержанию хлорида аммония в осветленной части гидрокарбонатной суспензии (31), выходящей из рабочих КЛ (4.4). Степень утилизации натрия зависит от условий проведения процесса карбонизации (концентрации связанного аммиака и ионов хлора в осветленной части суспензии), содержания исходных веществ в аммонизированном рассоле (28.3) и обычно не превышает 75 %.

Температурный режим рабочих КЛ (4.4) значительно влияет на процесс образования кристаллов гидрокарбоната натрия. Для получения крупных кристаллов гидрокарбоната натрия правильной формы, которые не забивают фильтрующую поверхность ВФЛ (5.1) и мало растворимы в процессе фильтрования, необходимо поддерживать сравнительно высокую температуру (60–72 °С) в зоне образования и в начальный период роста кристаллов. Часть рабочих КЛ (4.4), где степень карбонизации достигает величины 110–120 %, при которой в растворе начинают образовываться кристаллы гидрокарбоната натрия, называют зоной «завязки» кристаллов. В процессе дальнейшего роста кристаллов температура уже не оказывает существенного влияния на их размер. Поэтому с целью повышения степени утилизации натрия суспензию в процессе дальнейшей карбонизации равномерно охлаждают до 26–32 °С. Для этого в нижней части рабочих КЛ (4.4) располагают холодильные царги.

Процесс кристаллизации начинается с образования зародышей в виде мелких кристалликов гидрокарбоната натрия, из которых при поддержании нормального технологического режима образуются кристаллы в форме коротких цилиндров – «бочек». При ухудшении процесса кристаллизации образуются кристаллы, имеющие форму длинных цилиндров и склонные к образованию сростков – «снопов». В этом случае выделяется большое количество мелочи в виде игольчатых кристаллов, которые при фильтровании уплотняются и удерживают в образовавшихся мелких ячейках много влаги, что приводит к увеличению содержания остаточной влаги в гидрокарбонате натрия и ухудшению его гранулометрического состава.

В объекте фильтрования (5) поток суспензии гидрокарбоната натрия (30) должен преодолеть гидравлическое сопротивление фильтрующей

перегородки из специальной ткани на ВФЛ (5.1). Размеры пор фильтрующей перегородки существенны только в начальной стадии процесса. В дальнейшем на фильтрующей перегородке образуется слой гидрокарбоната натрия, который служит дополнительной фильтрующей перегородкой для жидкости. При проведении процесса фильтрования неизбежны потери гидрокарбоната натрия из-за его частичного растворения в промывной воде и прохода в виде мелких кристаллов через фильтрующую ткань перегородки, а также в результате частичного протекания обратной реакции:



Потери при фильтровании возрастают при увеличении температуры промывной воды выше 45 °С и её количества.

2. Разработка функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия

Краткое описание технологического процесса условного объекта насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия с обоснованием целесообразности выполнения конкретных функций

Для УО насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия (4-5) разработан фрагмент ФСКИСУ (рис. 3).

Первый объект УО (4-5) – объект карбонизации (4) комплектуется сериями, причем производительность каждой серии равна производительности абсорбционной колонны УО (2-3). Наибольшее распространение получили серии, состоящие из пяти КЛ, ПГКЛ-1 (4.3), ХПЖ (4.2), насоса (4.5) с электродвигателем перекачки жидкости из ПГКЛ-1 (4.3) в ХПЖ (4.2) и далее в рабочие КЛ (4.4) и насоса (4.6) подачи аммонизированного рассола (28.3) на карбонизацию (4). Из пяти КЛ – три работают по 48 часов в качестве рабочих КЛ (4.4), одна – 16 часов – КЛПК (4.1), а одна – в резерве или ремонте. ХПЖ (4.2) – диаметром 3 м высотой 5,3 м; ПГКЛ-1 (4.3) – диаметром 2,8 м и высотой 20,55 м. Рабочая КЛ (4.4) – включает две зоны: абсорбционную из 19 царг и диаметром 3 м, холодильную из 8 царг и диаметром 2,78 м, общая высота КЛ 28 м.

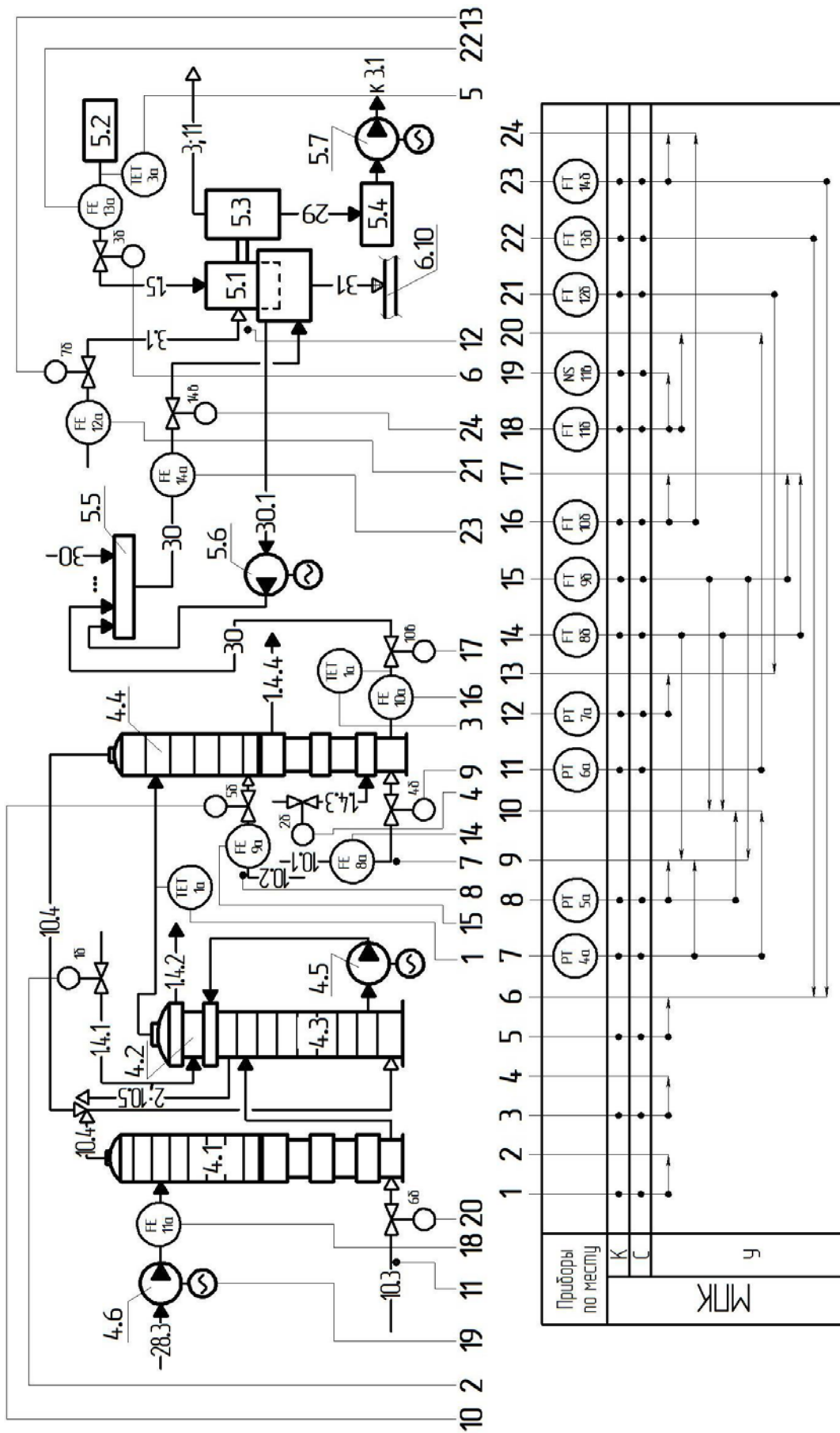


Рисунок 3 – Фрагмент функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления
условным объектом насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода
и выделения влажного гидрокарбоната натрия

Периодически каждую из рабочих КЛ (4.4) ставят на промывку, тогда она выполняет функции КЛПК (4.1). Аммонизированный рассол (28.3) (частично насыщенный в УО (2-3) диоксидом углерода) из САР (2.7) насосом (4.6) подается в верхнюю часть КЛПК (4.1), в нижнюю царгу которой поступает диоксид углерода (10.3), содержащий 38–40 % (об.) CO_2 (третья часть диоксида углерода (10.8) из УО (7-8)) под давлением 0,25–0,3 МПа.

В КЛПК (4.1) одновременно осуществляются промывка от гидрокарбоната натрия, осаждённого на внутренних поверхностях аппарата, и предварительная карбонизация аммонизированного рассола (28.3). Из КЛПК (4.1) предкарбонизованная жидкость, содержащая 56–60 н.д. диоксида углерода, при температуре 42–46 °С, направляется в верхнюю часть ПГКЛ-1 (4.3), в нижнюю часть которого поступают газы карбонизации (10.4) из КЛПК (4.1) и рабочих КЛ (4.4) для улавливания аммиака из этих газов. Основное назначение ПГКЛ-1 (4.3) – извлечение диоксида углерода из газа карбонизации (10.4), что способствует снижению выдувания NH_3 из КЛ (4.4). Парогазовая смесь (2; 10.5) после ПГКЛ-1 (4.3) поступает в ПГКЛ-2 (2.4) УО (2-3) (на рис. 3 нет). При прохождении жидкости через ПГКЛ-1 (4.3) ее температура повышается на 5–8 °С. Для охлаждения жидкости после ПГКЛ-1 (4.3) её насосом (4.5) с электродвигателем подают в ХПЖ (4.2), на который поступает охлаждающая вода (1.4.1) (1.4.2 на выходе). После ХПЖ (4.2) жидкость с содержанием CO_2 60–76 н.д. и температурой 43–45 °С, подается в абсорбционную (верхнюю) часть рабочих КЛ (4.4) (на рис. 3 показана одна). В нижнюю холодильную царгу рабочих КЛ (4.4) подается диоксид углерода (газ первого ввода) (10.1) (на ПКС его называют смешанным, это газ, полученный смешением диоксида углерода (10.7) из УО (6) с первой частью диоксида углерода (10.8) из УО (7-8)), содержащий 70–80 % CO_2 (об.) под давлением 0,3–0,32 МПа. В среднюю часть (низ абсорбционной части) рабочих КЛ (4.4) подается диоксид углерода (газ второго ввода) (10.2) (вторая часть диоксида углерода (10.8) из УО (7-8)), содержащий 31–40 % (об.) CO_2 под давлением 0,18–0,22 МПа. Такая подача газов необходима для поглощения CO_2 , чтобы давление его в газе карбонизации (10.4) было больше равновесного давления CO_2 над раствором. По мере поглощения CO_2 его давление над раствором увеличивается. Поэтому для сохранения перепада давлений в низ рабочих КЛ (4.4), где жидкость наиболее насыщена CO_2 , и подают газ первого ввода (10.1), а газ второго ввода (10.2) поступает в ту зону рабочих КЛ (4.4), где содержание CO_2 в газе, идущем снизу, приближается к содержанию CO_2 в газе второго ввода (10.2).

В процессе карбонизации суспензия нагревается до 60–72 °С за счет выделения тепла при протекании химических реакций. Для снижения растворимости гидрокарбоната и достижения более высокой степени утилизации натрия гидрокарбонатную суспензию охлаждают в низу рабочих КЛ (4.4). Для этой цели подают охлаждающую воду (1.4.3) (1.4.4 на выходе) в холодильные царги, образующие холодильную зону рабочих КЛ (4.4). Производительность рабочих КЛ (4.4) зависит от числа холодильных царг, по которым движется вода.

Гидрокарбонатная суспензия (30) самотеком от каждой рабочей КЛ (4.4) поступает на объект фильтрования (5) в общую емкость (5.5), которая представляет собой закрытый трубопровод большого диаметра. Далее она по общему трубопроводу поступает в корыта вакуум-фильтров (ВФЛ) (5.1), количество которых, как правило, соответствует количеству рабочих КЛ (4.4). На ВФЛ (5.1) с помощью фильтрующей перегородки происходит разделение гидрокарбонатной суспензии (30). Осадок влажного гидрокарбоната натрия (31) срезается специальным ножом с барабана ВФЛ (5.1) и по желобу поступает на ленточный транспортёр (6.10) УО (6). Смесь воздуха, жидкости и аммиака (3;1;11), прошедшая через фильтрующую перегородку, поступает в сепаратор (5.3), где разделяется. Фильтровая жидкость (29) из сепаратора (5.3) поступает через коллектор в СФЖ (5.4), из которого она (29) насосом (5.7) с электродвигателем подается в напорный бак (3.1) УО (2-3). Смесь воздуха и аммиака (3;11) из сепаратора (5.3) поступает в общий коллектор, после которого вакуум-насосами (9.1,9.2) УО компрессорного (9) отсасывается через ПВФЛ (2.2) УО (2-3) (на рис. 3 не показаны). Для промывания осадка гидрокарбоната натрия (31) на ВФЛ (5.1) подается промывная вода (1.5) требуемой температуры из напорного бака промывной воды (5.2), который постоянно наполняют этой водой. Для регенерации фильтрующей ткани всех ВФЛ (5.1) с помощью воздуходувки (на рис. 3 не показана) подается сжатый воздух (3.1). С целью поддержания требуемой производительности ВФЛ (5.1) необходимо по ПИ закону управлять изменением расхода гидрокарбонатной суспензии (30). Возможный избыток суспензии (30.1) насосом (5.6) с электродвигателем перекачивают в общую емкость (5.5) при необходимости. Особое внимание в процессе фильтрования обращают на снижение влаги в полученном влажном гидрокарбонате натрия (31), который транспортером (6.10) подается в УО (6). Зависимость выхода соды, количества испаряемой влаги и расхода тепла в УО (6) от содержания влаги во влажном гидрокарбонате натрия (31) приведена в табл. 1.

Таблица 1

Содержание влаги во влажном гидрокарбонате натрия, %	Количество удаляемой влаги, кг на 100 кг готовой соды	Относительный расход тепла для испарения воды на стадии кальцинации, %	Выход соды*– на 100 кг влажного гидрокарбоната натрия, кг
22,23	45	139,7	49
20,75	41,3	126,1	50
19,16	37,5	114,7	51
17,58	33,8	100	52
15,99	30,2	91,7	53
14,31	26,5	80,3	54

* Теоретически из 100 кг влажного гидрокарбоната натрия максимальный выход готовой соды 63 кг.

Основным аппаратом объекта фильтрования (5) является барабанный ВФЛ (5.1) непрерывного действия, например, типа БС-5,6-1,8/1, который получил широкое применение в ПКС, где: поверхность фильтрования – 5,6 м²; диаметр барабана – 1,8 м; длина барабана – 1 м.

Барабан ВФЛ (5.1) разделен на 18 ячеек и снабжен распределительным устройством, угол погружения ВФЛ в суспензию 130°. На поверхности барабана одновременно протекает ряд процессов. В зависимости от протекающего процесса барабан можно условно разделить на восемь зон:

- зона собственно фильтрования: в условиях требуемого вакуума маточная жидкость из гидрокарбонатной суспензии отсасывается вакуум-насосами в барабан ВФЛ, а кристаллы гидрокарбоната натрия задерживаются на поверхности фильтрующей ткани, образуя влажный осадок;
- зона предварительной сушки: в этот момент поверхность барабана находится над суспензией и из влажного осадка гидрокарбоната натрия внутрь барабана отсасывается вакуум-насосами маточная жидкость;
- зона промывания осадка: на поверхность барабана подаётся промывная вода, она проходит сквозь осадок гидрокарбоната натрия в барабан, вытесняя маточную жидкость из межкристаллического пространства осадка;
- зона основной сушки: вакуум-насосами отсасывается воздух, который проходит через слой осадка гидрокарбоната натрия и вытесняет промывную воду из межкристаллического пространства осадка, снижая в нём содержания влаги;

- закрытая зона: осадок гидрокарбоната натрия удаляется с помощью съемного ножа с поверхности барабана, при этом предотвращаются подсосы воздуха внутрь барабана в промежутке между съемным ножом и зоной подсоса маточной жидкости (подсосы приводят к потере вакуума в системе);

- зона подсоса маточной жидкости: так называемая «мокрая» продувка ткани, осуществляемая перед продувкой сжатым воздухом, что необходимо для увеличения срока службы фильтровальной ткани;

- зона продувки: воздуходувкой подается сжатый воздух для регенерации фильтровальной ткани в направлении, противоположном движению газожидкостной смеси, поступающей в барабан вследствие вакуума. Сжатый воздух вначале вытесняет из ячейки через фильтровальную ткань маточную жидкость, которая поступила в зоне подсоса этой жидкости. Проходя сквозь фильтровальную ткань, маточная жидкость не только вытесняет из её пор мелкие кристаллы гидрокарбоната натрия, но и растворяет их, что ускоряет процесс регенерации этой ткани. После этого поры фильтровальной ткани продуваются сжатым воздухом;

- переходная зона: предотвращает попадание сжатого воздуха, подаваемого на продувку, в вакуумную полость.

За один оборот барабана ВФЛ совершается полный цикл фильтрации, а каждая ячейка барабана проходит все зоны, при этом частота вращения барабана ВФЛ 1–3 об/мин. Технологический процесс фильтрации гидрокарбонатной суспензии должен обеспечивать непрерывные материальные потоки со следующими показателями:

- гидрокарбонат натрия:
влажность, % 13–18;
- фильтровая жидкость:
содержание хлора, н.д. не менее 90;
- промывная вода:
температура, °С 35–40;
- общий коллектор ВФЛ:
вакуум, гПа 400–500;
- сжатый воздух перед ВФЛ:
давление, гПа 1100–1140.

Ведущим потоком [6] для объекта карбонизации (4) установлен расход диоксида углерода (10.8) из УО (7-8), поэтому для разработки КИСУ УО (4-5) принят также расход диоксида углерода (10.8) указанного объекта с учетом расхода диоксида углерода (10.7) из УО (6). Величина

этих расходов должна быть выбрана по значению, обеспечивающем требуемую производительность всех объектов производства и ПКС в целом. При этом расход гидрокарбонатной суспензии (30) необходимо стабилизировать по суммарному расходу диоксида углерода (газы первого (10.1) и второго (10.2) вводов), подаваемого в рабочие КЛ (4.4). Расход аммонизированного рассола (28.3) является ведущим для КЛПК (4.1), поэтому расход диоксида углерода (10.3) в КЛПК (4.1) необходимо стабилизировать по расходу аммонизированного рассола (28.3) и давлению диоксида углерода (10.3) в КЛПК (4.1).

Поскольку отсутствует промежуточный сборник для хранения гидрокарбонатной суспензии (30) между объектами карбонизации (4) и фильтрования (5), а ведущим потоком для объекта фильтрования (5) установлен расход гидрокарбонатной суспензии (30), поэтому производительность ВФЛ (5.1) необходимо стабилизировать по расходу гидрокарбонатной суспензии (30) на ВФЛ (5.1) с коррекцией по расходу гидрокарбонатной суспензии (30) после КЛ (4.4) (на примере одного ВФЛ)

С учетом вышеизложенного для разработки фрагмента ФСКИСУ условным объектом насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения сырого гидрокарбоната натрия (4-5), целесообразно предусмотреть реализацию нижеследующих задач.

Для обеспечения регламентного значения температуры предкарбонизованной жидкости из ПГКЛ-1 (4.3) после ХПЖ (4.2), поступающей в рабочие КЛ (4.4), целесообразно реализовать автоматический контроль этой температуры с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление указанной температурой изменением расхода охлаждающей воды (1.4.1) в ХПЖ (4.2).

Для обеспечения регламентного значения температуры гидрокарбонатной суспензии (30) из рабочих КЛ (4.4), целесообразно реализовать автоматический контроль этих температур с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление указанными температурами изменением расходов охлаждающей воды (1.4.3) в холодильные царги КЛ (4.4), образующие холодильные зоны (на примере одной рабочей КЛ).

Для обеспечения регламентного значения соотношения расходов гидрокарбонатной суспензии (30) и промывной воды (1.5) на ВФЛ (5.1), с целью реализации полного цикла фильтрования и снижения влаги в полученном влажном гидрокарбонате натрия (31), необходимо реализовать автоматический контроль их расходов с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление соотношением расходов гидрокарбонатной суспензии (30) и промывной воды (1.5) на ВФЛ (5.1) изменением расхода

промывной воды (1.5) с коррекцией по температуре этой воды (на примере одного ВФЛ).

Для обеспечения регламентного значения перепада давления газа внутри рабочей КЛ (4.4) по величине ведущего потока – расходу диоксида углерода (10.8) из УО (7-8), целесообразно реализовать автоматические контроль в общих коллекторах давлений газов первого (10.1) и второго (10.2) вводов с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение расходов указанных газов в каждую рабочую КЛ (4.4) с коррекцией по расходам указанных газов (на примере одной одной КЛ).

Для обеспечения регламентного значения расхода диоксида углерода (10.3) в КЛПК (4.1), целесообразно реализовать его расход в соответствие с расходом аммонизированного рассола (28.3), как ведущего потока для КЛПК (4.1), с коррекцией по давлению диоксида углерода (10.3) в КЛПК (4.1).

Для обеспечения регламентного значения давления сжатого воздуха (3.1) и полного выполнения процессов зоны продувки на барабане ВФЛ (5.1), необходимо реализовать автоматические контроль давления этого воздуха с расчетом и выдачей управляющей воздействий на изменение расхода сжатого воздуха (3.1) на ВФЛ (5.1) с коррекцией по его расходу (на примере одного ВФЛ).

Для обеспечения регламентного значения расходов гидрокарбонатной суспензии (30) из рабочих КЛ (4.4), как ведущего потока на объект фильтрования (5), необходимо реализовать автоматические контроль расходов этой суспензии с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение расходов гидрокарбонатной суспензии (30) с коррекцией по расходам диоксида углерода первого (10.1) и второго (10.2) вводов, подаваемых в рабочую КЛ (4.4) (на примере одной рабочей КЛ).

Для обеспечения регламентного значения расхода аммонизированного рассола (28.3), как ведущего потока в КЛПК (4.1), необходимо реализовать автоматические контроль расхода этого рассола (28.3) с расчетом и выдачей управляющих воздействий на стабилизацию его расхода изменением числа оборотов электродвигателя насоса (4.6) подачи рассола (28.3).

Для обеспечения регламентной производительности ВФЛ (5.1), необходимо реализовать автоматические контроль расхода гидрокарбонатной суспензии (30) после общей емкости (5.5) в корыто ВФЛ (5.1) с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение этого расхода с коррекцией по расходу гидрокарбонатной суспензии (30) после КЛ (4.4) (на примере одного ВФЛ).

Описание функций, реализуемых при разработке компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия

Для фрагмента ФСКИСУ УО (4-5) необходимо выполнить следующие функции:

- автоматический контроль температуры предкарбонизованной жидкости из ПГКЛ-1 (4.3) после ХПЖ (4.2), поступающей в рабочие КЛ (4.4), технологическая сигнализация в случае выхода её за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление указанной температурой изменением расхода охлаждающей воды (1.4.1) в ХПЖ (4.2) (на примере одной рабочей КЛ);

- автоматический контроль температуры гидрокарбонатной суспензии (30) из рабочих КЛ (4.4), технологическая сигнализация в случае выхода её за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление указанной температурой изменением расхода охлаждающей воды (1.4.3) в холодильные царги, образующие холодильные зоны рабочих КЛ (4.4) (на примере одной рабочей КЛ);

- автоматический контроль расходов гидрокарбонатной суспензии (30) и промывной воды (1.5) на ВФЛ (5.1), технологическая сигнализация в случае выхода их за нормы регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление соотношением указанных расходов с целью реализации полного цикла фильтрования и снижения влаги в полученном влажном гидрокарбонате натрия (31) изменением расхода промывной воды на ВФЛ (5.1) с коррекцией по температуре этой воды (на примере одного ВФЛ);

- автоматический контроль давлений в общих коллекторах газов первого (10.1) и второго (10.2) вводов для обеспечения заданного перепада давления газа внутри КЛ (4.4), технологическая сигнализация в случае выхода их за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих на управление расходами указанных газов в каждую КЛ (4.4) с коррекцией по давлениям и расходам указанных газов (на примере одной рабочей КЛ);

- автоматический контроль давления диоксида углерода (10.3) и расхода аммонизированного рассола (28.3), как ведущего потока, в КЛПК (4.1), технологическая сигнализация в случае выхода их за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление расходом диоксида углерода (10.3) с коррекцией по указанным давлением (10.3) и расходу аммонизированного рассола (28.3);

- автоматический контроль давления сжатого воздуха (3.1) в коллекторе этого воздуха на ВФЛ (5.1), технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на изменение расхода сжатого воздуха (3.1) на ВФЛ (5.1) с коррекцией по его расходу (на примере одного ВФЛ);

- автоматический контроль расхода гидрокарбонатной суспензии (30), как ведущего потока в объект фильтрования (5), технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на изменение расхода этой суспензии (30) с коррекцией по расходам диоксида углерода первого (10.1) и второго (10.2) вводов, подаваемых в КЛ (4.4) (на примере одной рабочей КЛ);

- автоматический контроль расхода аммонизированного рассола (28.3), как ведущего потока в КЛПК (4.1), технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на стабилизацию этого расхода изменением числа оборотов электродвигателя насоса (4.6) подачи рассола (28.3);

- автоматический контроль расхода гидрокарбонатной суспензии (30) после общей емкости (5.5) в корыто ВФЛ (5.1), технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление этим расходом для обеспечения заданной производительности ВФЛ (5.1) с коррекцией по расходу гидрокарбонатной суспензии (30) после КЛ (4.4) (на примере одного ВФЛ).

Для реализации разработанных функций целесообразно применять выбранные современные КИП и СА, в том числе МПК (см. лекцию 1, раздел 3)

Описание названий компьютерно-интегрированных систем управления (КИСУ) условным объектом насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия

1. КИСУ регламентным значением температуры предкарбонизованной жидкости из ПГКЛ-1 после ХПЖ, поступающей в рабочие КЛ, изменением расхода воды в этот ХПЖ:

ПП/ПрП – поз. 1-а – КВАНТ ДТ.1;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 1-б – МЭО-1.

2. КИСУ регламентным значением температуры гидрокарбонатной суспензии из рабочих КЛ, изменением расхода охлаждающей воды в хо-

лодильные царги, образующие холодильные зоны рабочих КЛ (на примере одной рабочей КЛ):

ПП/ПрП – поз. 2-а – КВАНТ ДТ.1;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 2-б – МЭО-1.

3. КИСУ регламентным значением соотношения расходов гидрокарбонатной суспензии после общей емкости и промывной воды на ВФЛ с целью реализации полного цикла фильтрования и снижения влаги в полученном влажном гидрокарбонате натрия изменением расхода промывной воды на ВФЛ с коррекцией по температуре этой воды (на примере одного ВФЛ):

ПП/ПрП – поз. 3-а – КВАНТ ДТ.1;

ПП – поз. 13-а, 14-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 13-б, 14-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 3-б – МЭО-1.

4. КИСУ регламентным значением перепада давления газа внутри рабочей КЛ изменением расходов газов первого и второго вводов в каждую рабочую КЛ с коррекцией по давлениям и расходам газов в коллекторах указанных газов (на примере одной рабочей КЛ):

ПрП – поз. 4-а, 5-а – КВАНТ ДИ.11;

ПП – поз. 8-а, 9-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 8-б, 9-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 4-б, 5-б – МЭО-1.

5. КИСУ расходом диоксида углерода в КЛПК (4.1) с коррекцией по давлению этого диоксида углерода и расходу аммонизированного рассола, как ведущего потока, в КЛПК:

ПрП – поз. 6-а – КВАНТ ДИ.11;

ПП – поз. 11-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 11-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 6-б – МЭО-1.

6. КИСУ регламентным значением давления сжатого воздуха в коллекторе этого воздуха на ВФЛ изменением расхода сжатого воздуха на ВФЛ с коррекцией по его расходу (на примере одного ВФЛ):

ПрП – поз. 7-а – КВАНТ ДИ.11;

ПП – поз. 12-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 12-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 7-б – МЭО-1.

7. КИСУ расходом гидрокарбонатной суспензии, как ведущего потока на объект фильтрования, изменением расхода этой суспензии с коррекцией по расходам диоксида углерода первого и второго вводов, подаваемых в рабочие КЛ (на примере одной рабочей КЛ):

ПП – поз. 8-а, 9-а, 10-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 8-б, 9-б, 10-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 10-в – МЭО-1.

8. КИСУ расходом аммонизированного рассола, как ведущего потока в КЛПК, изменением числа оборотов электродвигателя насоса подачи аммонизированного рассола:

ПП – поз. 11-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 11-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 11-в – ПМЕ в комплекте.

9. КИСУ расходом гидрокарбонатной суспензии после общей емкости в корыто ВФЛ изменением этого расхода для обеспечения заданной производительности ВФЛ с коррекцией по расходу гидрокарбонатной суспензии после рабочих КЛ (на примере одного ВФЛ):

ПП – поз. 10-а, 14-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 10-б, 14-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 14-в – МЭО-1.

Выводы

Разработанный фрагмент ФСКИСУ условным объектом насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия обеспечивает: насыщение аммонизированного рассола из УО регенерации аммиака диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС диоксидом углерода как ведущего потока из УО получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии, в результате которого образуется суспензия гидрокарбоната натрия с содержанием для осветленной части гидрокарбонатной суспензии общего аммиака 92–97 н.д. и температурой 26–32 °С; выделение фильтрованием из гидрокарбонатной суспензии влажного гидрокарбоната натрия с влажностью 13–18 %, содержанием хлорида натрия не более 0,4 % и общего аммиака не более 0,8 % и подачу его на объект термического разложения; подачу фильтровой жидкости – ведущего потока в УО регенерации аммиака диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС.

Вопросы для самоподготовки студентов к модульному контролю по лекциям 1–3

1. На получение 1 т ... соды расходуется: рассол ... (310 г/л) ... м³; известняк ... кг; ... вода кг; ... натрия ... кг.
2. Удельные расходы на 1 т ... соды: топливо (кокс) на ... извести ... кг; пар ... ГДж; электроэнергия ... МДж; вода ... м³.
3. Общая ... затрат на 1 т ... по УО ПКС: УО ... аммиака и ... углерода из ... и ... газов ПКС ...%; УО ... аммонизированного ... диоксидом ... и ... влажного ... натрия ... %; УО термического... влажного ... натрия ...%; УО компрессорного ... %; другие ... %.
4. Основным назначением УО ... аммиака и ... углерода из ... и ... газов ПКС является ... (полное определение).
5. Режим работы ДС при температуре выше ... °С называют ..., а при температуре ниже ... °С – ..., из них получил распространение?
6. КХДС – вертикальный аппарат ... сечения ... м, высотой ... м, состоящий из ... и ... частей. Первая часть состоит из ... отдельных корпусов (...), а вторая – из ... таких же
7. ТДС – вертикальный ... аппарат, диаметром ... м и высотой ... м, состоит из ... чугунных царг, а ДС – вертикальный ... аппарат, ... диаметром ... м и высотой ... м. состоит из ... чугунных царг.
8. СМ – вертикальный ... резервуар (...), диаметром ... м и высотой ... , снабженный ... мешалкой.
9. КХДСЖ – вертикальный, аппарат ... сечения ... м и высотой ... м, состоит из ... отдельных корпусов (...).
10. ПВФЛ и ПГАБ – вертикальные ... аппараты с барботажными ... элементами и противотоком ... рассола и ... смеси.
11. ПГКЛ-2 – вертикальный ... аппарат с барботажными ... элементами, диаметром ... м и высотой ... м, в него поступает около ... % ... рассола.
12. АБ – вертикальный ... аппарат, оснащенный распределительным устройством, диаметром ... м и высотой ... м.
13. Верхняя ... АБ снабжена ... противоточными ... тарелками и ... тарелкой, ... для ... распределения ... по всему ... аппарата.
14. Нижняя ... АБ оборудована ... противоточными ... тарелками, ... решетчатыми ... противоточными тарелками, ... для перераспределения потока ... жидкости.

15. КИСУ ... значением ... парогазовой смеси (...) как ... потока из КХДС в АБ, изменением ... воды (...) в ... часть КХДС с коррекцией по ... газа из ... в ... и жидкости из ... в

16. КИСУ... значением ... парогазовой смеси (...) из КХДСЖ в АБ, изменением ... воды (...) в ... часть КХДСЖ с коррекцией по ... жидкости в ... части ДСЖ.

17. КИСУ ... значением ... аммонизированного рассола в нижней ... АБ изменением ... воды (...) в ... часть АБ с ... по температуре парогазовой смеси из ... в

18. КИСУ ... значением ... аммонизированного рассола на ... пластинчатого ... изменением ... охлаждающей воды (...) в этот ... с коррекцией по температуре ... рассола на выходе из

19. КИСУ расходом ... жидкости из ... бака (...) в КХДС изменением расхода ... жидкости как ... потока УО ... аммиака и ... углерода из ... и абсорбции ... ПКС.

20. КИСУ ... пара в ... изменением ... этого пара с коррекцией по ... фильтровой ... как ведущего ... УО (...).

21. КИСУ ... известковой суспензии в ... изменением ... этой ... с коррекцией по ... фильтровой ... как ведущего ... УО (...).

22. КИСУ ... очищенного рассола из ... бака (...) в ... изменением ... этого ... с коррекцией по ... фильтровой ... как ведущего ... УО (...).

23. КИСУ ... очищенного рассола из ... бака (...) в ... изменением ... этого рассола.

24. Основным назначением УО ... аммонизированного ... диоксидом ... и ... влажного ... натрия является ... (полное определение).

25. Объект карбонизации комплектуется ... , причем ... каждой ... равна ... абсорбционной

26. Наибольшее ... получили ... , состоящие из ... колонн, из которых ... работают по ... часов в ... рабочих КЛ, ... по ... часов в ... КЛПК, а ... в резерве или ремонте.

27. В КЛПК ... осуществляются ... колонны от ... натрия, ... на внутренних ... аппарата, и предварительная ... аммонизированного

28. Основным ... ПГКЛ-1 ... извлечение ... углерода из газа карбонизации, что способствует ... выдувания ... из

29. В ... часть ... зоны КЛ ... жидкость с ... диоксида углерода ... — ... н.д. и температурой ... — ... °С, в ... часть ... зоны ... газ ... ввода, содержащий ... — ... % (об.) диоксида ... под давлением ... — ... МПа, а в

нижнюю часть ... зоны ... газ ... ввода, содержащий ... – ... %(об.) диоксида ... под давлением ... – ... МПа.

30. Основным ... объекта фильтрования является вращающийся ... – ... непрерывного ... , типа ... – ... – ... /..., где: ... фильтрования – ... м², ... барабана – ... м, ... барабана – ... м.

31. КИСУ ... значением ... предкарбонизованной ... из ... после ... в рабочие ... изменением расхода воды (...) в

32. КИСУ ... значением ... гидрокарбонатной ... из ... КЛ изменением ... охлаждающей воды (...) в ... царги ... КЛ.

33. КИСУ ... значением ... расходов ... суспензии ... общей емкости и ... воды на ВФЛ с целью ... полного цикла ... и снижения ... в полученном ... гидрокарбонате ... изменением ... промывной (...) с коррекцией по ... этой воды.

34. КИСУ ... значением ... давления газа ... рабочей КЛ изменением ... газов ... и ... вводов в ... КЛ с ... по ... и ... в коллекторах указанных газов.

35. КИСУ ... диоксида ... в КЛПК с ... по ... диоксида ... и ... аммонизированного ..., как ведущего ... в КЛПК.

36. КИСУ ... значением ... сжатого ... в его коллекторе на ВФЛ изменением ... сжатого ... на ВФЛ с коррекцией по его

37. КИСУ ... гидрокарбонатной ... , как ... потока на объект ..., изменением ... этой ... с ... по расходам ... углерода ... и ... вводов в рабочую КЛ.

38. КИСУ ... аммонизированного ... в КЛПК, как ... потока в КЛПК, изменением числа ... электродвигателя ... подачи рассола.

39. КИСУ ... гидрокарбонатной ... после ... емкости в ... ВФЛ изменением этого ... для ... заданной ... ВФЛ с ... по ... гидрокарбонатной ... после рабочей КЛ.

Л е к ц и я 4

Компьютерно-интегрированная система управления условным объектом выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения

1. Физико-химические основы процесса условного объекта выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения

2. Разработка функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения

В ПКС имеются (см. лекцию 1, раздел 3) основные объекты, производительность которых должна строго соответствовать друг другу из-за отсутствия промежуточных сборников между ними. Так, в рассмотренных: УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) производительности объектов дистилляции (3) и абсорбции (2) соответствуют по потоку парогазовой смеси (2; 10; 11); УО насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия (4-5) производительности объектов карбонизации (4) и фильтрования (5) соответствуют по потоку гидрокарбонатной суспензии (30). Точно так же для УО выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения (5-6) производительности объектов фильтрования (5) и кальцинации (6) соответствует по потоку влажного гидрокарбоната натрия (31) [1, 2, 6].

Основным назначением УО выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения (5-6) является: выделение фильтрованием из гидрокарбонатной суспензии кристаллов влажного гидрокарбоната натрия (31) с влажностью 13–18 %, содержанием хлорида натрия не более 0,4 % и общего аммиака не более 0,8 %; подачу фильтровой жидкости (29) в УО (2-3); получение кальцинированной соды (32) при термическом разложении влажного гидрокарбоната натрия с содержанием карбоната натрия 99,2 %, насыпной плотностью 0,5–0,55 т/м³ и температурой 160–200 °С, а также подачу диоксида углерода (10.7) на объект карбонизации (4).

1. Физико-химические основы процесса условного объекта выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения

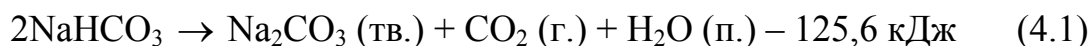
В УО выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения (5-6) входят основные аппараты двух объектов. Первый –

объект фильтрования (5) в составе: барабанный вакуум-фильтр ВФЛ (5.1), напорный бак (5.2) промывной воды (1.5), сепаратор (5.3) разделения смеси воздуха, аммиака и жидкости (3;11;29), СФЖ (5.4) фильтровой жидкости (29), общая емкость (5.5) гидрокарбонатной суспензии (30), насос (6) с электродвигателем перекачки избытка суспензии (30) в общую емкость (5.5) и насос (5.7) с электродвигателем перекачки фильтровой жидкости (29) из СФЖ (5.4) в УО (2-3). Второй – объект кальцинации (6) в составе основных аппаратов: паровой вращающийся кальцинатор (ПК) (6.1), холодильник газа кальцинации (ХГК) (6.20), промыватель газа кальцинации ПГК (6.22) получения диоксида углерода (10.7) для УО (4-5), а также установка (6.26) приготовления содового раствора (32.1) для УО (1).

Поскольку физико-химические основы процесса выделения влажного гидрокарбоната натрия объекта фильтрования (5) описаны в предыдущей лекции, рассмотрим только физико-химические основы процесса его термического разложения в объекте кальцинации (6).

Влажный гидрокарбонат натрия (31) из объекта фильтрования (5) поступает на объект кальцинации (6), где в процессе его термического разложения образуется сода кальцинированная (32) и диоксид углерода (10.7).

Сухой же гидрокарбонат натрия (NaHCO_3) при нагревании разлагается по реакции:



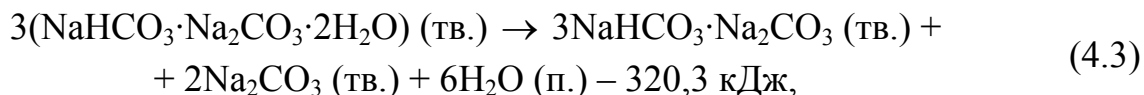
Разложение при суммарном давлении ($\text{CO}_2 (\text{г.}) + \text{H}_2\text{O} (\text{п.})$), равном 100 кПа, протекает при температуре 120 °С. По правилу фаз эта система имеет одну степень свободы, поэтому равновесное давление паровой фазы зависит от температуры. С повышением температуры равновесие сдвигается вправо, а скорость реакции возрастает. В практических условиях процесс термического разложения гидрокарбоната натрия усложняется наличием примесей и большого количества влаги.

Наличие влаги во влажном гидрокарбонате натрия усложняет аппаратное оформление, так как влажный гидрокарбонат натрия малосыпуч, комкуется и налипает на внутренние стенки аппарата. Последнее объясняется тем, что влага, представляющая собой насыщенный раствор NaHCO_3 , при контакте с горячей поверхностью, интенсивно испаряется. Выделяющаяся твердая фаза, кристаллизуясь, образует плотно прилипающую к поверхности корку. Твердый слой соды обладает низкой теплопроводностью и поэтому ухудшает теплопередачу. Для борьбы с этим явлением влажный гидрокарбонат натрия смешивают с горячей

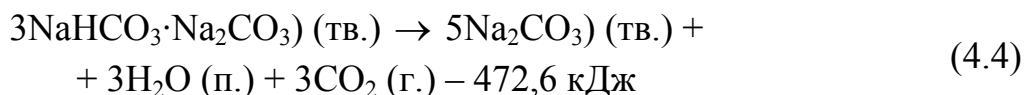
содой (ретуром), в результате чего образуется новая твердая фаза – трона ($\text{NaHCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Свободная влага связывается в кристаллизационную, а продукт становится сыпучим:



Трона при нагревании сначала при температуре 111 °С теряет кристаллизационную воду:



а затем при температуре 127 °С происходит разложение двойной соли:



Последняя реакция является наиболее медленной, лимитирующей процесс кальцинации в целом.

2. Разработка функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения

Краткое описание технологического процесса условного объекта выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения с обоснованием целесообразности выполнения конкретных функций

Для УО выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения (5-6) должен быть разработан фрагмент ФСКИСУ, но поскольку фрагмент разработки ФСКИСУ выделения влажного гидрокарбоната натрия рассмотрен в предыдущей лекции, рассмотрим только разработку фрагмента ФСКИСУ объектом термического разложения влажного гидрокарбоната натрия с учетом того, что он входит в УО выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения (5-6) (рис. 4).

Влажный гидрокарбонат натрия (31) из объекта его выделения (фильтрования) (5) подается на объект термического разложения влажного гидрокарбоната натрия (кальцинации) (6), в котором всё больше применяются вращающиеся паровые кальцинаторы (ПК) (6.1).

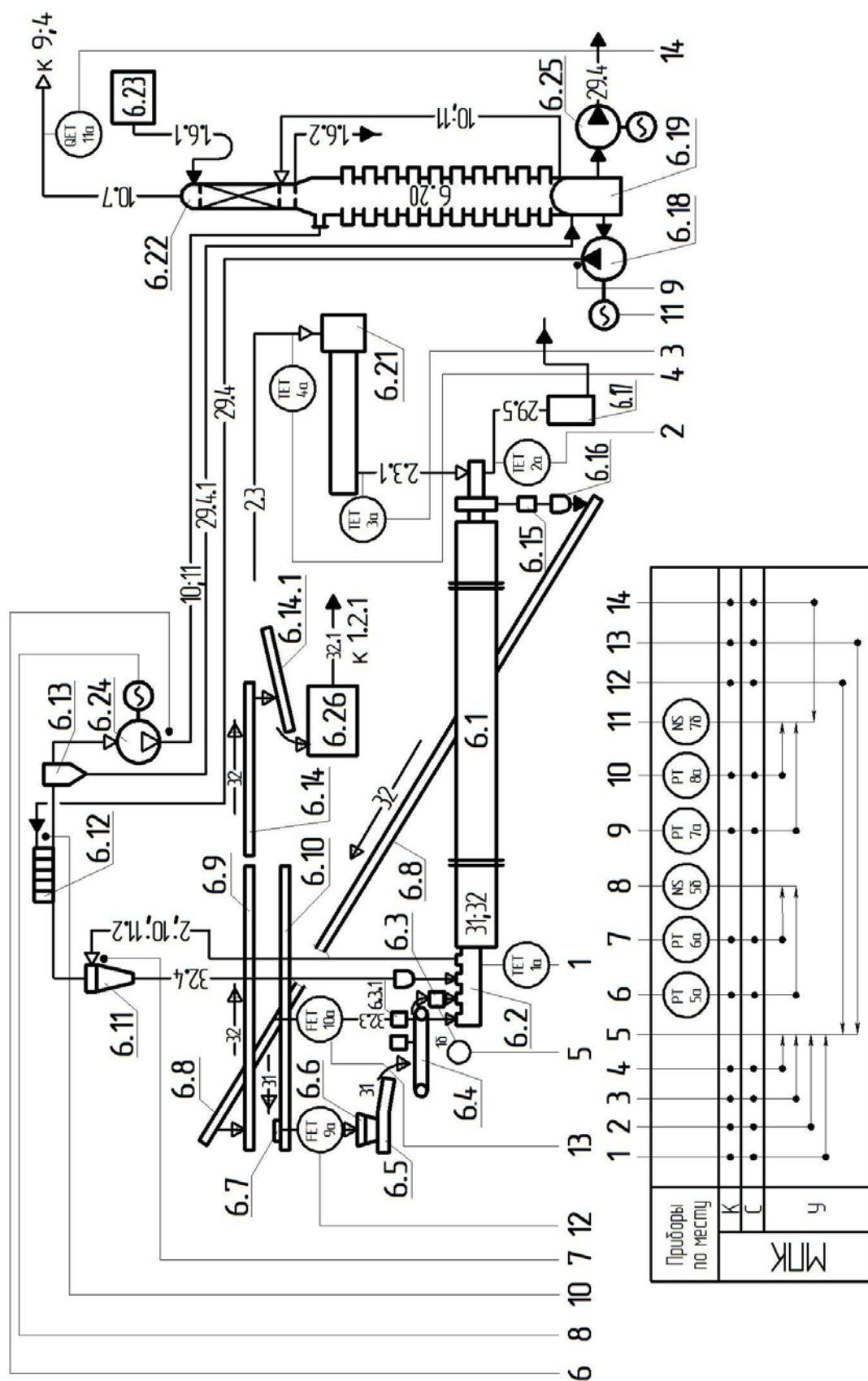


Рисунок 4 – Фрагмент функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения

Влажный гидрокарбонат натрия (31) с общего ленточного транспортера (6.10) плужковым сбрасывателем (6.7) подается в течку-бункер (6.6) питателя (6.5), откуда этим же питателем и ленточным транспортером (6.4) через ячейковый питатель (6.3) подается в питающий смеситель (6.2). В этот смеситель поступает также ретурная сода (32.3) и сода (32.4), отделяемая от парогазовой смеси (2;10;11.2) кальцинации (6) в циклоне (6.11).

Подготовленную в питающем смесителе (6.2) смесь (трону) (31;32) направляют в межтрубное пространство барабана ПК (6.1). Благодаря вращению и наклону барабана, кальцинируемая масса перемещается вдоль оребренных труб в сторону выгрузки, контактируя с теплопередающими оребренными трубками. Тепло расходуется на испарение влаги гидрокарбоната натрия (31) и нагрев продуктов реакции. В результате термической обработки троны (31;32) получают соду (32) и парогазовую смесь (2;10;11.2).

Сода (32) через ячейковый питатель (6.15) выводится из ПК (6.1) и поступает на систему транспортеров (6.16;6.8;6.9). С наклонного транспортера (6.8) через ячейковый питатель (6.3.1) производится отбор ретурной соды (32.3) в питающий смеситель (6.2). Остальная сода (32) транспортерами (6.9;6.14) подается на склад (на рис. 4 нет), а транспортером (6.14.1) – на установку (6.26) приготовления содового раствора (32.1) с содержанием кальцинированной соды 22–25 н.д. и хлорид-ионов 92–94 н.д., который поступает в бак (1.2.1) УО очистки раствора хлорида натрия (1). Парогазовая смесь (2;10;11.2) кальцинации (6) удаляется из ПК (6.1) через питающий смеситель (6.2), в котором с помощью компрессора (6.24) с электродвигателем создается вакуум. По пути к компрессору смесь (2; 10; 11.2) проходит сухую очистку в циклоне (6.11), мокрую – в коллекторе (6.12) газа кальцинации, после которого в сепараторе (6.13) пар (2) отделяется, конденсируется в слабую жидкость (29.4.1), которая поступает в сборник слабой жидкости (ССЖ) (6.19), а газовая смесь (10;11) поступают в холодильник газа кальцинации (ХГК) (6.20) для охлаждения и далее – в промыватель газа кальцинации (ПГК) (6.22) для мокрой очистки. На орошение в коллектор (6.12) газа кальцинации из ССЖ (6.19) подают насосом (6.18) с электродвигателем слабую жидкость (29.4), образующуюся при конденсации водяных паров в сепараторе (6.13) и ХГК (20). Жидкость (29.4), соприкасаясь с газовой смесью (2;10;11.2), поглощает частично аммиак (11), стекая после этого в виде слабой жидкости (29.4.1) в сборник (6.19). В ХГК (6.20) газовая смесь (10;11) проходит сверху вниз по межтрубному пространству, а в трубах противотоком движется охла-

ждающая вода (на рис. 4 нет). Для предупреждения закристаллизовывания трубок ХГК (6.20) и лучшей промывки газа межтрубное пространство орошается слабой жидкостью (29.4) (на рис. 4 нет). В ПГК (6.22) газовая смесь (10;11) орошается водой (1.6.1) из сборника (6.23) промывной воды (1.6.2 на выходе), при этом смесь дополнительно охлаждается и полностью отмывается от соды и аммиака, а диоксид углерода (10.7) поступает на объект карбонизации (4) (в составе газа первого (10.1) ввода). Слабая жидкость (29.4) насосом (6.25) с электродвигателем подается на УО (2-3), в аппараты (3.7–3.9) дистилляции слабых жидкостей.

На объект термического разложения (6) подают водяной пар (2.3) высокого давления, перед подачей он проходит редуцирующую охлаждающую установку (РОУ) (6.21), где его температура снижается до 270 °С, а давление до 3 МПа; поэтому для обогрева ПК (6.1) поступает пар (2.3.1). В трубках ПК (6.1) пар конденсируется, отдавая тепло троне (31;32). Конденсат (29.5) из ПК (6.1) выводится в сборник (6.17) конденсата и далее в расширители (на рис. 4 не показаны), где преобразуется в пар низкого давления.

Основное оборудование объекта кальцинации: ПК (6.1), ХГК (6.20) и ПГК (6.22) и установка приготовления содового раствора (32.1). Производительность ПК (6.1) по соде 300 т/сутки; диаметр барабана 2,6 м; длина барабана 20 м; поверхность нагрева 1280 м²; расход пара 1,7 т/т соды; частота вращения барабана 7 об/мин; температура соды на выходе 160–200 °С, содержание диоксида углерода в газе кальцинации (10.7) 98 % (об). Внутри стального барабана ПК (6.1) концентрически расположены три ряда оребренных греющих труб, развальцованных на концах в трубных решетках. Барабан и греющие трубы имеют уклон в сторону выгрузки. Пар (2.3.1) подают в кольцевую камеру со стороны выгрузки соды (32). Конденсат (29.5) из труб стекает в паровую камеру, а из неё в кольцевую камеру конденсата, разделенную перегородками на три секции. Каждая секция имеет отверстия для ввода и вывода конденсата. Попадая в секцию при нижнем её положении, конденсат (29.5) выводится из неё в процессе вращения барабана. Снаружи барабан ПК (6.1) снабжен теплоизоляцией. ХГК (6.20) состоит из ряда соединенных друг с другом холодильных бочек, аналогичных применяемым в рабочих КЛ (4.4). ПГК (6.22) представляет собой насадочный массообменный аппарат, заполненный деревянной хордовой насадкой или керамическими кольцами Рашига и орошаемый водой (высота слоя насадки – 7 м).

Ведущим потоком для объекта термического разложения (кальцинации) (6) является расход влажного гидрокарбоната натрия (31), а количество тепла, вводимого в процесс, приводится в соответствие с ним.

С учетом вышеизложенного для получения соды (32) высокого качества при минимальных затратах пара и максимальной производительности ПК (6.1), необходимо реализовать автоматический контроль расходов влажного гидрокарбоната натрия (31) как ведущего потока и ретурной соды (32.3) в питающий смеситель (6.2) с расчётом и выдачей управляющих воздействий на управление соотношением указанных расходов изменением расхода гидрокарбоната натрия (31) с коррекцией по температурам: троны (31;32) в питающем смесителе (6.2); соды (32) на выходе из ПК (6.1); пара (2.3.1), подаваемого в ПК (6.1), и пара (2.3) на входе в РОУ (6.21).

Для обеспечения регламентного значения вакуума для удаления парогазовой смеси (2;10;11.2) из питающего смесителя (6.2) через циклон (6.11) с помощью компрессора (6.24) с электродвигателем, необходимо реализовать автоматический контроль указанного вакуума перед циклоном (6.11) с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение числа оборотов электродвигателя компрессора (6.24) с коррекцией по давлению в напорном патрубке этого компрессора.

Для обеспечения регламентного значения разности давлений слабой жидкости (29.4) в коллектор (6.12) газа кальцинации для мокрой очистки газовой смеси (10;11) после циклона (6.11), подаваемой насосом (6.18) с электродвигателем, и в напорном патрубке этого насоса, необходимо реализовать автоматический контроль указанных давлений с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление разностью указанных давлений изменением числа оборотов электродвигателя насоса (6.18) с коррекцией по концентрации диоксида углерода (10.7) после ПГК (6.22).

Описание функций, реализуемых при разработке компьютерно-интегрированной системы управления УО выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения

Для фрагмента ФСКИСУ объектом термического разложения (кальцинации) (5) влажного гидрокарбоната натрия необходимо выполнить следующие функции:

- автоматический контроль расходов гидрокарбоната натрия (31) как ведущего потока и ретурной соды (32.3) в питающий смеситель (6.2), технологическая сигнализация в случае выхода их за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управле-

ние соотношением указанных расходов изменением расхода гидрокарбоната натрия (31) с коррекцией по температурам: троны (31;32) в питающем смесителе (6.2); соды (32) на выходе из ПК (6.1); пара (2.3.1), подаваемого в ПК (6.1), и пара (3.2) на входе в РОУ (6.21);

- автоматический контроль вакуума смеси (2;10;11.2) перед циклоном (6.11, создаваемого компрессором (24) с электродвигателем удаления парогазовой указанной смеси из питающего смесителя (6.2), технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на изменение числа оборотов электродвигателя указанного компрессора (24) с коррекцией по давлению в напорном патрубке этого компрессора;

- автоматический контроль давлений в напорном патрубке насоса (6.18) подачи слабой жидкости (29.4.1) для мокрой очистки газовой смеси в коллектор (6.12) газа после циклона 6.11) и на входе указанной жидкости в коллектор (6.12) газа, технологическая сигнализация в случае выхода их за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление разностью указанных давлений изменением числа оборотов электродвигателя насоса (6.18) с коррекцией по концентрации диоксида углерода (10.7) после ПК (6.22).

Для реализации разработанных функций целесообразно применять выбранные современные КИП и СА, в том числе МПК (см. лекцию 1, раздел 3).

Описание названий компьютерно-интегрированных систем управления (КИСУ) условным объектом выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения

1. КИСУ соотношением расходов гидрокарбоната натрия как ведущего потока и ретурной соды в питающий смеситель для получения соды высокого качества при минимальных затратах пара и максимальной производительности ПК изменением расхода гидрокарбоната натрия как ведущего потока для объекта термического разложения (кальцинации) с коррекциями по температурам: троны в питающем смесителе; соды на выходе из ПК; пара, подаваемого в ПК, и пара на входе в РОУ:

ПП/ПрП – поз. 1-а, 2-а – КВАНТ ДТ.1;

ПП/ПрП – поз. 3-а, 4-а – ТСПУ – 0288;

ПП/ПрП – поз. 9-а – MaxxFlow;

ПП/ПрП – поз. 10-а – SolidFlow;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 1-б МЭО-1.

2. КИСУ регламентным значением вакуума парогазовой смеси перед циклоном, создаваемого компрессором с электродвигателем для удаления указанной смеси из питающего смесителя, изменением числа оборотов электродвигателя компрессора с коррекцией по давлению в его напорном патрубке:

ПрП – поз. 5-а – КВАНТ ДИ.11;

ПрП – поз. 6-а – КВАНТ ДВ.14;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 5-б – ПМЕ в комплекте.

3. КИСУ регламентным значением разности давлений в напорном патрубке насоса с электродвигателем подачи слабой жидкости для мокрой очистки парогазовой смеси в коллектор газа после циклона и на входе указанной жидкости в этот коллектор газа изменением числа оборотов электродвигателя указанного насоса с коррекцией по концентрации диоксида углерода после ПГК:

ПрП – поз. 7-а, 8-а – КВАНТ ДИ.11;

ПП/ПрП – поз. 11-а – ОКА;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 7-б – ПМЕ в комплекте.

Выводы

Разработанный фрагмент ФСКИСУ условным объектом выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения обеспечивает: выделение фильтрованием из гидрокарбонатной суспензии кристаллов влажного гидрокарбоната натрия с влажностью 13–18 %, содержанием хлорида натрия не более 0,4 % и общего аммиака не более 0,8 %; подачу фильтровой жидкости на УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС; производительность вращающихся ПК по кальцинированной соде не менее 300 т/сутки с содержанием карбоната натрия в ней 99,2 %, насыпной плотностью 0,5–0,55 т/м³ и температурой 160–200 °С, а также подачу диоксида углерода с содержанием не менее 98 % (об.) на УО насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия.

Л е к ц и я 5

Компьютерно-интегрированная система управления условным объектом получения диоксида углерода, известки и известковой суспензии

1. Физико-химические основы процесса условного объекта получения диоксида углерода, известки и известковой суспензии

2. Разработка функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом получения диоксида углерода, известки и известковой суспензии

Диоксид углерода и известь получают путем обжига карбонатного сырья (известняка или мела) (CaCO_3) в известково-обжигательных печах шахтного типа (ИОП), а тепло для обжига выделяется в процессе сгорания топлива. Известь является исходным продуктом для получения известковой суспензии (гидроксида кальция) $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Известковую суспензию получают в результате гашения извести избытком воды. Указанные технологические процессы протекают в УО получения диоксида углерода, известки и известковой суспензии (7-8) [1, 2, 5, 6]. Основным назначением УО (7-8) является получение требуемого количества диоксида углерода для УО (4-5) и известки на объект гашение (8) со следующими показателями:

- содержание диоксида углерода (CO_2) в газе, % (об.):

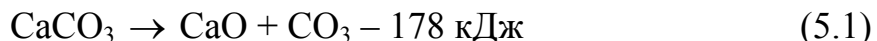
при обжиге известняка	40–42;
при обжиге мела	31–34;
- содержание оксида кальция (CaO) в известке, % (масс.) 80–85;
- степень разложения карбоната кальция (CaCO_3), % 91–96,

а также требуемого количества известковой суспензии в виде непрерывных материальных потоков, направляемых на УО (2-3) с содержанием оксида кальция 190–220 н.д. и на УО (1) – до 110 н.д.

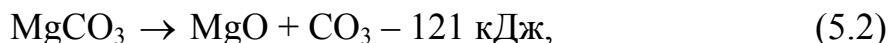
В качестве топлива для обжига карбонатного сырья в ИОП преимущественно применяют кокс, имеющий размер 30–70 мм, с теплотой сгорания 25000–29300 кДж/кг, зольностью не более 12 %, содержанием серы не выше 2 %. При описании разработки КИСУ УО (7-8) будем применять в качестве топлива кокс, а – карбонатного сырья – известняк, размеры кусков которого, как правило, 40–120 мм.

1. Физико-химические основы процесса условного объекта получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии

Карбонат кальция разлагается по эндотермической реакции:



Для смещения реакции вправо следует обеспечить подвод тепла в течение всего процесса разложения CaCO_3 . Причем для достижения интенсивного процесса и высокой степени диссоциации температуру обжига извести в ИОП поддерживают в интервале 1100–1200 °С. В зависимости от степени дисперсности CaO и CaCO_3 крупные кристаллы CaO стремятся к росту за счет маленьких. В процессе обжига карбоната кальция разлагается также карбонат магния, содержащийся в нём в количестве 0,5–3 %, при 402–480 °С:



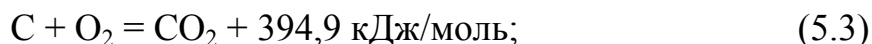
причем это разложение усиливается при нагревании сырья до 700 °С. Оксид магния менее активен по сравнению с оксидом кальция.

При обжиге наряду с реакциями разложения карбонатов кальция и магния протекают побочные вредные реакции, которые не могут быть использованы для получения известковой суспензии, что снижает эффективность обжига. Кроме того, сульфат кальция (CaSO_4) основное влияние оказывает на процесс обжига извести, понижая температуру образования жидкой фазы, а также влияет на процесс гидратации извести, сильно замедляя его.

Водяные пары оказывают влияние на процесс диссоциации CaCO_3 в области низких температур (650–750 °С). При высоких температурах (1000 °С и выше) присутствие водяного пара не влияет на процесс диссоциации.

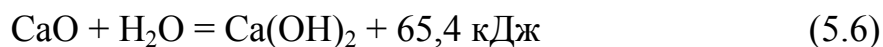
Оксид кальция, входящий в состав извести, может быть в виде свободного (активного или неактивного) либо связанного, то есть, вступившего во взаимодействие с примесями и образовавшего новые соединения. Активный оксид кальция это часть свободного оксида кальция, которая реагирует с водой в обычных условиях гашения. Неактивный оксид кальция – часть свободного оксида кальция, которая не реагирует с водой в обычных условиях гашения. При повышении температуры выше допустимой происходит образование крупных масс спекшейся извести, что нарушает режим работы печи.

Основными реакциями горения топлива являются:



В соответствии с характером термических процессов в ИОП, её условно делят на три последовательные тепловые зоны. В верхней части ИОП – зоне подогрева (первая зона) – происходит подсушка шихты (смесь карбоната кальция и топлива), нагревание шихты до температуры начала разложения карбоната кальция (около 850 °С) за счет тепла горячих газов, движущихся снизу вверх из зоны обжига (вторая зона). На границе этих зон температура газов достигает 900–1000 °С. При дальнейшем перемещении шихты вниз протекает горение топлива и разложение CaCO_3 . В конце зоны обжига температура кусковых материалов и газов достигает максимума (1100–1200 °С), а разложение карбоната кальция прекращается, то есть, зоной обжига называют зону, в которой происходит разложение CaCO_3 и переход диоксида углерода в газовую фазу. В нижней части зоны обжига горение топлива ещё продолжается, а выделяющееся тепло расходуется на нагревание воздуха, поступающего из зоны охлаждения. В соответствии с этим зоной горения (третья зона) следует называть зону, в которой происходит расходование кислорода на сжигание топлива, а зона обжига составляет часть зоны горения.

Процесс гашения извести заключается во взаимодействии оксида кальция с водой:



Реакция (5.6) сопровождается большим экзотермическим эффектом, увеличением объема твердой фазы при использовании обычной извести. Гидроксид кальция образует структуру, которая кристаллизуется в форме пластин или призм (портландит). Кристаллы склонны к образованию агломератов, включающих частицы негашеной извести и диспергированные инертные примеси. Растворимость оксида и гидроксида кальция обратно пропорциональна температуре в интервале $0 \leq t \leq 100$ °С. Процессы гашения извести классифицируют в зависимости от мольного отношения взаимодействующих реагентов H_2O : CaO (отношение воды и извести).

В ПКС распространенным является процесс мокрого гашения, при котором отношение воды и извести обеспечивает получение тестообразной известковой суспензии, пригодной для её транспортирования по трубопроводам с помощью обычных насосов.

Зависимость скорости гашения от степени измельчения исходной извести сказывается значительно, так для частиц размером 10–20 мм гашение протекает в 1,5 раза быстрее, чем гашение извести размером 60–80 мм.

2. Разработка функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии

Краткое описание технологического процесса условного объекта получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии с обоснованием целесообразности выполнения конкретных функций

Для УО получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии (7-8) ПКС разработан фрагмент ФСКИСУ (рис. 5).

УО получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии (7-8) состоит из двух объектов, из них: первый – объект обжига известняка и получения извести (7), второй – объект гашения извести и получения известковой суспензии (8).

Основным аппаратом объекта обжига известняка и получения извести (7) является ИОП (7.1), которая представляет собой аппарат с диаметром внутренней части 6,2 м; высотой футерованной части 22,5 м и высотой загруженной шихтой части 18,5 м. Производительность ИОП (7.1) по извести (85 % CaO) 300 т/сутки; содержание CO₂ в отходящем газе 40–42 % (об.), температура отходящих газов 93 °C; содержание CaO (масс.) в извести 80–85 %, степень разложения известняка 91–96 %.

В объекте (7) известняк (38) и кокс (39) системой ленточных конвейеров транспортируются в соответствующие бункера, из которых выгружаются через электровибрационные питатели в бункерные электрические весы, дозирующие их по заданной массе и подают ленточным конвейером для предварительного перемешивания и получения шихты (37) (смесь известняка (38) и кокса (39)), которая подается в ковши скипового подъемника и дальше в приемную воронку (на рис.5 описанное оборудование не показано) загрузочно-распределительного устройства (7.2) ИОП (7.1). Описанные операции дозировки шихты (37) и загрузки ИОП (7.1) автоматизированы.

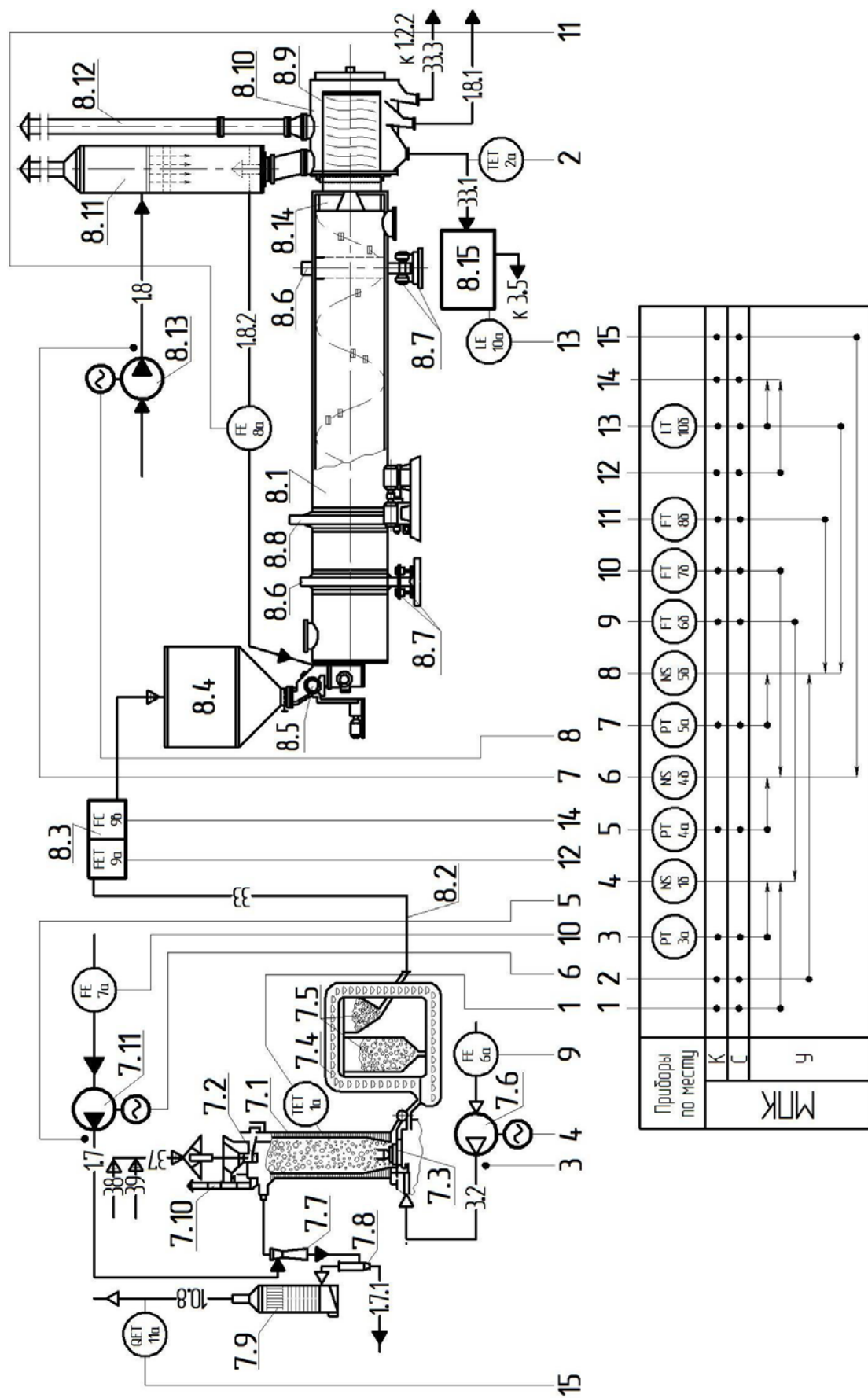


Рисунок 5 – Фрагмент функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии

Для повышения надёжности работы указанного оборудования его дублируют (одно – работает, другое – в «горячем» резерве) на каждую ИОП (7.1). Ковши скипового подъёмника поочередно подают шихту (37) в указанную воронку загрузочно-распределительного устройства (7.2), из которого определенными порциями шихта (37) периодически подается в ИОП (7.1), где в соответствии с характером термических процессов она условно проходит три последовательные тепловые зоны, описанные выше. Равномерное распределение шихты по сечению ИОП (7.1) обеспечивается с помощью вращающегося конуса с отбойником, а для выгрузки готовой извести служит вращающийся под в виде улитки (улиты). Вследствие вращения улиты известь опускается и попадает на вращающийся кольцевой транспортер, с которого направляется в два выгрузочные устройства (7.3), расположенные один за другим (на рис.5 не показано). После них известь (33) (на рис.5 нет) попадает на ковшовый транспортер (7.4) и далее в бункер (7.5). Воздух (3.2) подается в ИОП (7.1) дутьевыми вентиляторами (7.6) с электродвигателями (на рис.5 показан один). Газ, выходя из ИОП (7.1), очищается и охлаждается (первая ступень) в турбулентном промывателе газа (труба Вентури) (7.7), затем – (вторая ступень) в циклоне-уловителе (7.8) (другое название – пенный аппарат). На третьей ступени – в электрофильтре (7.9) газ освобождается от взвешенных частиц и чистый диоксид углерода (10.8) подается на УО (4-5).

Загрузочно-распределительное устройство (7.2) состоит из двух клапанов, с поворотной приемной воронкой и распределительным лотком с отбойником. Поворот лотка на угол ($\sim 42^\circ$) производится после загрузки порции шихты (~ 3 т). Выгрузочное устройство (улиты) (7.3) представляет собой валковый выгрузатель, в нём равномерно распределяется воздух (3.2) по поперечному сечению шихты, при этом поддерживается заданное положение зоны обжига. Дымовые газы удаляются из ИОП (7.1) вытяжной трубой (7.10).

Турбулентный промыватель газа (труба Вентури) (7.7) представляет собой сочетание суживающегося конфузора и расширяющегося диффузора. Вода (1.7) насосом (7.11) с электродвигателем подается в горловину этого промывателя (7.7) для орошения. Запыленные газы, проходя суженную горловину трубы Вентури (7.7) со скоростью (~ 100 м/с), сталкиваются с завесой жидкости и разбивают её на капли. За счёт интенсивного движения частиц происходит укрупнение капель, которые легко выделяются из газа в циклоне-уловителе (пенном аппарате) (7.8) и выводятся из него (вода (1.7.1)).

Электрофильтр (7.9) – общей высотой 14,2 м и диаметром 5 м; с коронирующими электродами 158 шт., общая активная длина которых 560 погонных м, а диаметр электрода 3 мм.

В ПКС используют вращающийся гаситель (8.1) непрерывного действия, представляющий собой пустотелый цилиндр с горизонтальной осью вращения, наружным диаметром корпуса 2,5 м и длиной 15 м. Известь (33) из бункера (7.5) подается ленточным транспортером (8.2), на котором установлен дозатор непрерывного действия (8.3), в загрузочный бункер (8.4), а из него в барабанный питатель (8.5). Снаружи гаситель (8.1) оснащён приваренными ребрами для крепления: двух бандажей (8.6), с установкой их на две пары опорных роликов (8.7), и зубчатого венца (8.8), для обеспечения вращения гасителя (8.1) с частотой 3,48 об/мин (при помощи электродвигателя). Для защиты корпуса гасителя от абразивного износа его внутри облицовывают съёмным корпусом.

Дозатор непрерывного действия (8.3) предназначен для дозирования с заданной производительностью кусковых материалов с высокой (не хуже $\pm 0,5\%$) точностью, диапазоном производительности 4–630 т/ч, возможностью применения на материалах с температурой до 200 °С, шириной ленты транспортера 650–1200 мм, скорость движения транспортной ленты 0,1–0,5 м/с. Для дозирования извести (33) целесообразно применять дозатор (8.3) модификации СВЕДА ДВЛ-800, в состав которого входят: загрузочная горловина с заслонкой, электродвигатель-ротор, весоизмеритель с тензодатчиками, барабаны, измеритель скорости ленты, частотный преобразователь (инвертор) и весовой процессор ПВ-310. Весоизмеритель преобразовывает нагрузку на ленте в пропорциональные электрические сигналы, которые вместе с сигналами измерителя скорости ленты поступают в весовой процессор ПВ-310. В нем производится обработка этих сигналов и по результатам генерируется выходной сигнал постоянного тока 4–20 мА (FET) (9-а), который задает частоту инвертора и изменяет скорость вращения электродвигателя-ротора, чтобы производительность дозатора (FC) (9-б) была заданной. По двум шинам интерфейса RS-485 (или RS-232) весовой дозатор ПВ-310 осуществляет обмен данными с внешними устройствами (персональный компьютер, микропроцессорный контроллер, выносное табло и др). (электронный адрес изготовителя: kiev@sweda.com.ua), тел. 044 4658811.

Барабанный питатель (8.5) служит для подачи извести (33) из загрузочного бункера (8.4) в гаситель (8.1), а привод вращения его барабана обеспечивает многоступенчатое изменение частоты вращения, которая

при постоянном уровне извести в загрузочном бункере (8.4), пропорциональна производительности гасителя (8.1). Для обеспечения равномерного процесса перемещения материала к сортировочному барабану (8.9) и улучшения этого процесса внутри гасителя (8.1) имеется спиралевидная навивка, состоящая из приваренных к съёмному кожуху участков. Кроме того, гаситель (8.1) слегка наклонен в сторону выгрузки, обычно под углом $0,5^\circ$.

Сортировочный барабан (8.9) соединен с корпусом гасителя (8.1) при помощи фланца и вращается внутри неподвижного разгрузочного корпуса (8.10). Барабан (8.9) представляет собой цилиндр диаметром 1,9 м и длиной 2,6 м. На поверхности барабана (8.9) имеются отверстия, предназначенные для вывода концентрированной известковой суспензии (33.1) (первая секция), мелких отходов гашения и промывной воды (1.8.1) (вторая секция), известковой суспензии (33.3) (третья секция). Для равномерного перемещения выгружаемого материала внутри барабана (8.9) имеется навивка. На верхней части разгрузочного корпуса (8.10) установлены эжекционный подогреватель – конденсатор (8.11) и вытяжная труба (8.12). В этот конденсатор (8.11) насосом (8.13) с электродвигателем подается вода (1.8), часть которой в виде промывной воды (1.8.1) поступает во вторую секцию сортировочного барабана (8.9), а основная часть нагревается в эжекционном подогревателе – конденсаторе (8.11) и нагретая вода (1.8.2) поступает в гаситель (8.1). Выгрузка всех отходов гашения в сортировочный барабан (8.9) осуществляется разгрузочным корпусом (8.14).

Основными технологическими требованиями к процессу приготовления известковой суспензии (33.1) для УО (2-3) и (33.3) для УО (1) являются регламентные значения концентрации и температуры, при этом температура не должна превышать 90°C , а соотношение расходов оксида кальция (CaO) и воды (H_2O) в %: 1 к 2,85. При этом содержание активного оксида кальция в известковой суспензии (33.1) должно быть 200–240 н.д., а в (33.3) 60–75 н.д.

В качестве ведущих потоков для УО получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии (7-8) приняты два потока. Первый – для объекта обжига известняка и получения диоксида углерода (7) принят расход воздуха (3.2), подаваемого в ИОП (7.1). Второй – для объекта гашения извести и получения известковой суспензии (8) принят расход извести (33), подаваемой в гаситель (8.1). Величины указанных ведущих

потоков устанавливаются по значению, соответствующему средней производительности ПКС. Остальные потоки по объектам (7) и (8) необходимо автоматически приводить в соответствие с ведущими. Изменение средней производительности ПКС в случае необходимости целесообразно осуществлять по значению уровня в сборниках (8.15) известковой суспензии (33.1) подаваемой на УО (2-3), в частности, в СМ (3.5).

С учетом вышеизложенного для обеспечения регламентного термического процесса в ИОП (7.1), учитывая автоматизированные операции по подготовке и подачи сначала известняка (38) и кокса (39), а затем и шихты (37) в ИОП (7.1), необходимо предусмотреть автоматические контроль температуры в конце зоны обжига шихты с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение числа оборотов электродвигателя дутьевого вентилятора (7.5) подачи воздуха (3.2) в ИОП (7.1) с коррекцией по давлению в напорном патрубке этого вентилятора и расхода воздуха (3.2) в ИОП (7.1).

Для обеспечения регламентной очистки и охлаждения диоксида углерода (10.8), удаляемого из ИОП (7.1), необходимо предусмотреть автоматические контроль давления в напорном патрубке насоса (7.11) подачи охлажденной воды (1.7) в турбулентный промыватель газа (трубу Вентури) (7.7) с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение числа оборотов электродвигателя указанного насоса с коррекцией по расходу воды (1.7) и концентрации диоксида углерода (10.8), поступающего в УО (4-5), в частности, объект карбонизации (4).

Для обеспечения получения регламентного качества известковой суспензии (33.1), поступающей в УО (2-3), в частности, объект дистилляции (3), необходимо предусмотреть автоматические контроль температуры указанной суспензии с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение числа оборотов электродвигателя насоса (8.13) подачи воды (1.8) в эжекционный подогреватель–конденсатор (8.11) с коррекцией по давлению в напорном патрубке этого насоса, расходу нагретой воды (1.8.2) в гаситель (8.1) и уровню известковой суспензии в сборниках (8.15) этой суспензии.

Для обеспечения средней производительности ПКС в случае необходимости целесообразно предусмотреть автоматические контроль уровня известковой суспензии (33.1) в сборниках (8.15) этой суспензии с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение расхода извести (33) при помощи дозатора непрерывного действия (8.3) через загрузочный бункер (8.4) и барабанный питатель (8.5) в гаситель (8.1).

Описание функций, реализуемых при разработке компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии

Для фрагмента ФСКИСУ условным объектом получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии необходимо выполнить следующие функции:

- автоматический контроль температуры в конце зоны обжига шихты (37) в ИОП (7.1), технологическая сигнализация в случае выхода её за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на изменение числа оборотов электродвигателя дутьевого вентилятора (7.6) подачи воздуха (3.2) в ИОП (7.1) с коррекцией по: температуре в конце зоны обжига шихты в ИОП (7.1), давлению в напорном патрубке этого вентилятора (7.6) и расхода воздуха (3.2);
- автоматический контроль давления в напорном патрубке насоса (7.11) подачи охлажденной воды (1.7) в турбулентный промыватель газа (трубу Вентури) (7.7), технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на изменение числа оборотов электродвигателя указанного насоса (7.11) с коррекцией: по расходу охлажденной воды (1.7) и концентрации диоксида углерода (10.8), поступающего в объект карбонизации (4);
- автоматический контроль температуры известковой суспензии (33.1), поступающей в объект дистилляции (3), технологическая сигнализация в случае выхода её за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на изменение числа оборотов электродвигателя насоса (8.13) подачи воды (1.8) в эжекционный подогреватель–конденсатор (8.11) с коррекцией: по давлению в напорном патрубке указанного насоса (8.13), расходу нагретой воды (1.8.2) в гаситель (8.1) и уровню известковой суспензии (33.1) в сборнике (8.15) этой суспензии;
- автоматический контроль уровня известковой суспензии (33.1) в сборниках (8.15) этой суспензии, технологическая сигнализация в случае выхода его за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на изменение расхода извести (33) при помощи дозатора непрерывного действия (8.3) через загрузочный бункер (8.4) и барабанный питатель (8.5) в гаситель (8.1).

Для реализации разработанных функций целесообразно применять выбранные современные КИП и СА, в том числе МПК (см. лекцию 1, раздел 3)

Описание названий компьютерно-интегрированных систем управления (КИСУ) условным объектом получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии

1. КИСУ термическим процессом в ИОП, учитывая автоматизированные операции по подготовке и подачи известняка, кокса и шихты в неё, изменением числа оборотов электродвигателя дутьевого вентилятора подачи воздуха в ИОП с коррекцией по: температуре в конце зоны обжига шихты в ИОП, давлению в напорном патрубке дутьевого вентилятора и расходу воздуха в ИОП:

ПП/ПрП – поз. 1-а – ТППУ-0288;

ПрП – поз. 3-а – КВАНТ ДИ.11;

ПП – поз. 6-а – ДК-0,6;

ПрП – поз. 6-б – КВАНТ ДД.12;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 1-б – ПМЕ в комплекте.

2. КИСУ очисткой и охлаждением диоксида углерода, удаляемого из ИОП, изменением числа оборотов электродвигателя насоса подачи охлаждённой воды в турбулентный промыватель газа (трубу Вентури) с коррекцией по: давлению в напорном патрубке этого насоса, расходу охлаждённой воды и концентрации диоксида углерода, подаваемого на объект карбонизации:

ПрП – поз. 4-а – КВАНТ ДИ.11;

ПП – поз. 7-а – ДК-0,6;

ПрП – поз.-7-б – КВАНТ ДД.12;

ПП/ПрП – 11-а – ОКА;

МПК – РЕМИКОНТ Р- 2000;

ИМ – поз. 4-б – ПМЕ в комплекте.

3. КИСУ регламентным значением качества известковой суспензии, поступающей на объект дистилляции, изменением числа оборотов электродвигателя насоса подачи воды в эжекционный подогреватель–конденсатор с коррекцией по температуре: известковой суспензии, давлению в напорном патрубке указанного насоса, расходу нагретой воды в гаситель и уровню известковой суспензии в сборнике суспензии:

ПП/ПрП – поз. 2-а – КВАНТ ДТ.1;

ПрП – поз. 5-а – КВАНТ ДИ.11;

ПП – поз. 8-а – ДК-0,6;

ПрП – поз.-8-б – КВАНТ ДД.12;

ПП – поз. 10-а – УД-1;
ПрП – поз.-10-б – КВАНТ ДГ.1;
МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;
ИМ – поз. 2-б – ПМЕ в комплекте.

4. КИСУ обеспечением средней производительности ПКС по уровню известковой суспензии в сборниках суспензии при необходимости изменением расхода извести при помощи дозатора непрерывного действия (ДНД) через загрузочный бункер и барабанный питатель в гаситель:

ПрП – поз. 9-а – ПВ-310 СВЕДА ДВЛ-800;
ПП – поз. 10-а – УД-1;
ПрП – поз.-10-б – КВАНТ ДГ.1;
МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;
ИМ – поз. 9-б – СВЕДА ДВЛ-800 в комплекте.

Выводы

Разработанный фрагмент ФСКИСУ условным объектом получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии обеспечивает требуемую производительность указанного УО с подачей: в УО регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС (2-3) известковой суспензии с содержанием оксида кальция (своб.) 190–220 н.д. и температурой не выше 90 °С, в УО насыщения амрассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия (4-5) 40–42 % (общ.) диоксида углерода, а также среднюю производительность ПКС по уровню известковой суспензии в сборниках этой суспензии в случае необходимости.

Л е к ц и я 6

Компьютерно-интегрированная система управления условным объектом подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом

1. Физико-химические основы процесса условного объекта подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом

2. Разработка функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом

Раствор хлорида натрия (сырой рассол) для ПКС получают путем: подземного выщелачивания каменной соли в скважинах методом гидро-вруба; растворением каменной соли, добытой в шахтах; а также путем садки соли в специальных бассейнах или в естественных озерах с получением сырого рассола необходимой концентрации. В любом случае не удастся получить чистый сырой рассол (хлорид натрия) для непосредственного использования. Поэтому в ПКС сырой рассол подвергают очистке от солей кальция и магния [1, 2, 6]. Если их предварительно не удалять, то на последующей стадии (УО (2-3)) будут выпадать в осадок плохо растворимые соединения $\text{NaCl} \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$; CaCO_3 ; $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

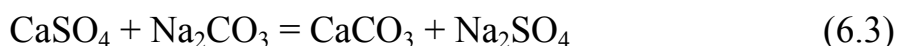
Основным назначением УО подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом (1, 6, 8) является получение очищенного рассола высокого качества при минимальных затратах реагентов и максимальной производительности с содержанием, н.д.: Ca^{2+} не более 0,02; Mg^{2+} не более 0,007; Na_2CO_3 0,2–0,3; NaOH 0,05–0,06; Cl^- не менее 103,6; и температурой 19 ± 3 °С.

1. Физико-химические основы процесса условного объекта подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом

На ПКС сырой рассол очищают от примесей известково-содовым способом, при этом для осаждения солей кальция используют содовый раствор, а солей магния – известковую суспензию. В основе этого способа лежат реакции ионного обмена, приводящие к образованию трудно растворимых карбоната кальция и гидроксида магния:



Полнота выделения ионов кальция и магния в осадок, то есть, степень очистки, определяется растворимостью CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ в растворе хлорида натрия. Косвенным параметром, характеризующим полноту выделения ионов кальция и магния в осадок, служит величина pH, что важно учитывать при создании КИСУ условным объектом подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом. При расчёте количества соды, требуемой для подготовки раствора хлорида натрия для ПКС, учитывают, что в рассоле кроме гидрокарбоната натрия присутствует сульфат кальция, вступающий в реакцию:



Образовавшаяся при этом хорошо растворимая соль (сульфат натрия) Na_2SO_4 усложняет в дальнейшем процесс УО (2-3) (объект дистилляции (3)), так как при взаимодействии её с известковой суспензией образуются отложения гипса и происходит инкрустирование стенок дистиллера (3.4) УО (2-3).

Сам же процесс подготовки раствора хлорида натрия для ПКС следует проводить таким образом, чтобы сравнительно быстро получить прозрачный рассол с малым количеством шлама. На кинетику этого процесса большое влияние оказывают интенсивность и продолжительность перемешивания в момент осаждения ионов кальция и магния из рассола, обеспечивающие равномерное распределение реагентов в объёме очищаемого рассола. Вполне достаточным является перемешивание за счет кинетической энергии поступающей в реактор смеси сырого рассола с реактивами. При очистке рассола с высоким содержанием ионов магния необходимая скорость и полнота его осаждения достигаются при последовательном введении в рассол сначала известковой суспензии, а затем – содового раствора. Необходимо отметить, что с повышением температуры рассола увеличивается скорость отстоя и уплотнение шлама. С другой стороны, повышение температуры нежелательно для последующего процесса УО (2-3) (объекта абсорбции (3)). Поэтому на стадии подготовки раствора хлорида натрия для ПКС его температуру поддерживают не выше 22 °С.

2. Разработка функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом

Краткое описание технологического процесса условного объекта подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом с обоснованием целесообразности выполнения конкретных функций

Для УО подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом разработан фрагмент ФСКИСУ (рис. 6).

Подготовка раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом состоит в следующем. Сырой рассол (28.1) поступает из промысла рассола в сборники (на рис.6 показан один сборник, а промысел не показан) сырого рассола (ССР) (1.1) – диаметром 10,1 м, высотой 10,62 м и объемом 3000 м³. В напорный бак (1.2.1) – диаметром 4 м, высотой 2,52 м и объемом 25 м³ с мешалкой подают содовый раствор (32.1) из УО (5-6) и очищенный рассол (28.2). В напорный бак (1.2.2) – диаметром 2,73 м, высотой 4 м и объемом 16 м³ с мешалкой подают известковую суспензию (33.3) из УО (7-8) и очищенный рассол (28.2). В указанных баках с мешалками происходят приготовления необходимых реагентов (32.2) и (33.4). Реагенты поступают в смеситель (1.2.3) реагентов с мешалкой для получения каустифицированного раствора (35), величину pH которого необходимо контролировать.

Приготовленный каустифицированный раствор (35) из смесителя (1.2.3) поступает в реактор (1.2.5) – диаметром 5 м, высотой 10,57 м и объемом 140 м³). В этот же реактор (1.2.5) из ССР (1.1) насосом (1.1.1) с электродвигателем через расширитель (1.2.4) подаётся сырой рассол (28.1). Паровоздушные смеси (2;3) из расширителя (1.2.4) и реактора (1.2.5) выбрасываются в атмосферу. Реактор (5) не имеет мешалки, но трубы, подводящие каустифицированный раствор (35) и сырой рассол (28.1) в реактор (1.2.5), имеют U-образные формы. Поэтому требуемое перемешивание достигается за счет большой скорости поступления жидкостей из U-образных труб реактора (1.2.5). Для осуществления регламентного протекания процесса в реакторе (1.2.5) температуру пульпы необходимо поддерживать в пределах 17 ± 3 °С.

Реактор (1.2.5) соединен с отстойником Дорра (1.2.6) – диаметром 18 м и высотой 8,2 м специальным трубопроводом (1.2.7), по которому поступает пульпа сверху в этот отстойник (1.2.6) и по центральной трубе, не доходящей до дна, опускается вниз, где происходит разделение жидкой (рассол) и твердой (шлам) фаз. Затем рассол поднимается вверх отстойника Дорра (1.2.6), отделяясь от твердой фазы.

Рисунок 6 – Фрагмент функциональной схемы компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом

Очищенный рассол (28.2) удаляется из отстойника Дорра (1.2.6) через переливной жёлоб, расположенный по периферии, и направляется в сборник очищенного рассола (СОР) (1.3) (размеры такие же как ССР (1.1)). Насосом (1.3.1) с электродвигателем очищенный рассол (28.2) подаётся в УО (2-3) (в частности, в напорный бак (2.1) объекта абсорбции (2)).

Шлам (36) из нижней части отстойника Дорра (1.2.6) через специальные трубы периодически спускается в сборник шлама (1.2.8) с мешалкой, сюда же поступает шлам (36) из смесителя (1.2.3) и реактора (1.2.5). В сборнике (1.2.8) шлам (36) разбавляется водой и перекачивается на переработку (на рис. 6 не показано).

Для получения очищенного рассола (28.2) высокого качества при минимальных затратах реагентов и максимальной производительности УО подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом необходимо соблюдать следующие нормы технологического режима с содержанием, н.д.: Ca^{2+} не более 0,02; Mg^{2+} не более 0,007; Na_2CO_3 0,2–0,3; NaOH 0,05–0,06; Cl^- не менее 103,6; и температурой 19 ± 3 °С.

В качестве ведущего потока для УО подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом принят расход сырого рассола (28.1) через расширитель (1.2.4) в реактор (1.2.5), величина которого устанавливается по значению, соответствующему средней производительности ПКС. Расходы содового раствора (32.1), известковой суспензии (33.3) и очищенного рассола (28.2) необходимо автоматически приводить в соответствие с ним. Изменение величины ведущего потока при необходимости целесообразно осуществлять автоматически по достижению предельных значений уровней в сборники сырого (ССР) (1.1) или очищенного (СОР) (1.3) рассола.

С учетом вышеизложенного для обеспечения соблюдения указанных регламентных норм технологического режима получения очищенного рассола (28.2), необходимо реализовать автоматические контроль расходов сырого рассола (28.1) через расширитель (1.2.4) и каустифицированного раствора (35) в реактор (1.2.5) с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление соотношением указанных расходов изменением расхода сырого рассола с коррекцией по: температурам очищенного рассола (28.2) на объект абсорбции (2) и пульпы в реакторе (1.2.5), а также величине рН каустифицированного раствора (35).

Для обеспечения нормальной работы насоса (1.1.1) подачи сырого рассола (28.1) через расширитель (1.2.4) в реактор (1.2.5), необходимо реализовать автоматические контроль давления в напорном патрубке этого насоса (1.1.1) с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изме-

нение числа оборотов электродвигателя этого насоса с коррекцией по уровню сырого рассола в ССР (1.1).

Для обеспечения нормальной работы насоса (1.3.1) подачи очищенного рассола (28.2) на объект абсорбции (2), необходимо реализовать автоматический контроль давления в напорном патрубке этого насоса (1.3.1) с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение числа оборотов электродвигателя этого насоса с коррекцией по: расходу сырого рассола (28.1) через расширитель (1.2.4) в реактор (1.2.5) как ведущего потока УО (1) и уровню очищенного рассола в СОР (1.3).

Для обеспечения регламентного соотношения расходов содового раствора (32.1) и очищенного рассола (28.2) в напорный бак (1.2.1), необходимо реализовать автоматический контроль указанных расходов с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление указанным соотношением изменением расхода содового раствора (32.1) с коррекцией по расходу сырого рассола (28.1) в реактор (1.2.5) как ведущего потока УО (1).

Для обеспечения регламентного соотношения расходов известковой суспензии (33.3) и очищенного рассола (28.2) в напорный бак (1.2.2), необходимо реализовать автоматический контроль указанных расходов с расчетом и выдачей управляющих воздействий на управление указанным соотношением изменением расхода известковой суспензии (33.3) с коррекцией по расходу сырого рассола (28.1) в реактор (1.2.5) как ведущего потока УО (1).

Для изменения величины ведущего потока–расхода сырого рассола (28.1) через расширитель (1.2.4) в реактор (1.2.5) УО подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом (1) при необходимости целесообразно реализовать автоматический контроль уровней соответствующего рассола в ССР (1.1) и СОР (1.3) с расчетом и выдачей управляющих воздействий на изменение расхода сырого рассола (28.1) через расширитель в реактор (1.2.5) по достижению предельных значений уровней соответствующего рассола в ССР (1.1) или в СОР (1.3).

Описание функций, реализуемых при разработке компьютерно-интегрированной системы управления условным объектом подготовки раствора хлорида натрия для ПКС

Для фрагмента ФСКИСУ условного объекта подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом (1) необходимо выполнить следующие функции:

- автоматический контроль расходов сырого рассола (28.1) через расширитель (1.2.4) и каустифицированного раствора (35) в реактор (1.2.5),

технологическая сигнализация в случае выхода их за нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление соотношением указанных расходов изменением расхода сырого рассола (28.1) с коррекцией по: температурам очищенного рассола (28.2) на абсорбцию (2) и пульпы в реакторе (1.2.5), а также величине pH каустифицированного раствора (35);

- автоматический контроль давления в напорном патрубке насоса (1.1.1) подачи сырого рассола (28.1) через расширитель (1.2.4) в реактор (1.2.5), технологическая сигнализация в случае выхода его на нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на изменение числа оборотов электродвигателя этого насоса с коррекцией по уровню сырого рассола (28.1) в ССР (1.1);

- автоматический контроль давления в напорном патрубке насоса (1.3.1) подачи очищенного рассола (28.2) на объект абсорбции (2), технологическая сигнализация в случае выхода его на нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на изменение числа оборотов электродвигателя этого насоса с коррекцией по: расходу сырого рассола (28.1) в реактор (1.2.5) как ведущего потока УО (1) и уровню очищенного рассола (28.2) в СОР (1.3);

- автоматический контроль расходов содового раствора (32.1) и очищенного рассола (28.2) в напорный бак (1.2.1), технологическая сигнализация в случае выхода их на нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление соотношением указанных расходов изменением расхода содового раствора (32.1) с коррекцией по расходу сырого рассола (28.1) в реактор (1.2.5) как ведущего потока УО (1).

- автоматический контроль расходов известковой суспензии (33.3) и очищенного рассола (28.2) в напорный бак (1.2.2), технологическая сигнализация в случае выхода их на нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на управление соотношением указанных расходов изменением расхода известковой суспензии (33.3) с коррекцией по расходу сырого рассола (28.1) в реактор (1.2.5) как ведущего потока УО (1);

- автоматический контроль уровней соответствующего рассола в ССР (1.1) и СОР (1.3) для изменения величины ведущего потока УО подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом (1) при необходимости, технологическая сигнализация в случае выхода их на нормы технологического регламента, расчет и выдача управляющих воздействий на изменение расхода сырого рассола (28.1) через рас-

ширитель (1.2.4) в реактор (1.2.5) по достижению предельных значений уровней соответствующего рассола в ССР (1.1) или в СОР (1.3).

Для реализации разработанных функций целесообразно применять выбранные современные КИП и СА, в том числе МПК (см. лекцию 1, раздел 3)

Описание названий компьютерно-интегрированных систем управления (КИСУ) условным объектом подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом

1. КИСУ получением очищенного рассола высокого качества при минимальных затратах реагентов и максимальной производительности УО (1) по соотношению расходов сырого рассола через расширитель и каустифицированного раствора в реактор изменением расхода сырого рассола, как ведущего потока УО (1), с коррекцией по: температурам очищенного рассола на объект абсорбции и пульпы в реакторе, а также величине pH каустифицированного раствора:

ПП/ПрП – поз. 1-а, 2-а – КВАНТ ДТ.1;

ПП – поз. – 5-а, 6-а – ДК- 0,6;

ПрП – поз. – 5-б, 6-б – КВАНТ ДД.12;

ПП – поз. 13-а – pH-261;

ПрП – поз. 13-б – Ш-703;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 1-б – МЭО-1.

2. КИСУ нормальным давлением в напорном патрубке насоса подачи сырого рассола через расширитель в реактор изменением числа оборотов электродвигателя этого насоса с коррекцией по уровню сырого рассола в ССР:

ПрП – поз. 3-а – КВАНТ ДИ.11;

ПП – поз. 12-а – УД-1;

ПрП – поз. 12-б – КВАНТ ДГ.15;

МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;

ИМ – поз. 3-б – ПМЕ в комплекте.

3. КИСУ нормальным давлением в напорном патрубке насоса подачи очищенного рассола на объект абсорбции изменением числа оборотов электродвигателя этого насоса с коррекцией по расходу сырого рассола через расширитель в реактор, как ведущего потока УО (1), и уровню очищенного рассола в СОР:

ПрП – поз. 4-а – КВАНТ ДИ.11;

ПП – поз. – 5-а – ДК- 0,6;

ПрП – поз. – 5-б – КВАНТ ДД.12;

ПП – поз. 11-а – УД-1;
ПрП – поз. 11-б – КВАНТ ДГ.15;
МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;
ИМ – поз. 4-б – ПМЕ в комплекте.

4. КИСУ регламентным значением соотношения расходов содового раствора и очищенного рассола в напорный бак изменением расхода содового раствора с коррекцией по расходу сырого рассола через расширитель в реактор, как ведущего потока УО (1):

ПП – поз. 5-а, 7-а, 8-а – ДК-0,6;
ПрП – поз. 5-б, 7-б, 8-б – КВАНТ ДД.12;
МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;
ИМ – поз. 8-в – МЭО-1.

5. КИСУ регламентным значением соотношения расходов известковой суспензии и очищенного рассола в напорный бак изменением расхода известковой суспензии с коррекцией по расходу сырого рассола через расширитель в реактор, как ведущего потока этого УО (1):

ПП – поз. 5-а, 9-а, 10-а – ДК-0,6;
ПрП – поз. 5-б, 9-б, 10-б – КВАНТ ДД.12;
МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;
ИМ – поз. 10-в – МЭО-1.

6. КИСУ величиной ведущего потока – расхода сырого рассола через расширитель в реактор УО подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом (1) при необходимости изменением расхода сырого рассола в реактор по достижению предельных значений уровней соответствующего рассола в ССР или в СОР:

ПП – поз. 11-а, 12-а – УД-1;
ПрП – поз. 11-б, 12-б – КВАНТ ДГ.15;
МПК – РЕМИКОНТ Р-2000;
ИМ – поз. 1-б – МЭО-1.

Выводы

Разработанный фрагмент ФСКИСУ условным объектом подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом (1) обеспечивает требуемую производительность указанного УО (1) с подачей в УО (2-3) (объект абсорбции (2)) очищенного рассола с содержанием: хлорид-ионов 104–106 н.д., кальций-ионов не более 0,02 н.д., магний-ионов не более 0.007 н.д.; и температурой 12–22 °С, а также изменение величины ведущего потока – расхода сырого рассола через расширитель в реактор при необходимости по достижению предельных значений уровней соответствующего рассола в ССР или в СОР.

Вопросы для самоподготовки студентов к модульному контролю по лекциям 4–6

1. Основным назначением УО выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения (5-6) является ... (полное определение).
2. Наличие ... в гидрокарбонате ... усложняет ... оформление, так как ... гидрокарбонат ... мало сыпуч, ... и налипает на ... стенки
3. Твердый ... соды ... низкой ... и поэтому ... теплопередачу, а для ... с этим ... влажный ... натрия смешивают с ... содой и в результате ... новая ... фаза (...).
4. В ... смеситель ... следующие ... потоки: влажный ... натрия, ... сода и ... , отделяемая от ... смеси кальцинации в ... , а подготовленную ... направляют в ... пространство ... ПК.
5. В результате ... обработки ... получают ... соду и ... смесь ... , сода через ... питатель ... из ... и ... на систему ... , а ... смесь ... из ... через ... смеситель, в котором с помощью ... с электродвигателем создается
6. Производительность ПК по соде ... т/сутки, диаметр барабана ... м; длина барабана ... м; расход пара ... т/т соды.
7. КИСУ ... расходов ... натрия и ... соды в ... смеситель для получения ... высокого ... при ... затратах ... и ... производительности ПК ... расхода ... натрия как ... потока для ... кальцинации с ... по температурам: ... в ... смесителе, ... на выходе из ... , пара, подаваемого в ... , и ... на входе в
8. КИСУ ... значением ... парогазовой ... перед ... , создаваемого ... с электродвигателем для ... указанной ... из ... смесителя изменением ... оборотов ... компрессора с коррекцией по ... в ... напорном
9. КИСУ ... значением ... давлений в ... патрубке ... с ... подачи ... жидкости ... мокрой ... парогазовой ... в коллектор ... после ... и на ... указанной ... в этот коллектор ... изменением ... оборотов ... указанного ... с коррекцией по ... диоксида ... после ПГК.
10. Основным назначением УО получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии является ... (полное определение).
11. Характер ... процессов в шахтной ИОП условно делят на ... последовательные ... зоны. В ... части ИОП зоне ... (первая зона) происходит ... шихты до ... начала ... карбоната ... (около ... ° С) за счет ... газов.

12. На границе первой (...) и второй (...) зон ... газов достигает ...— ... °С, при дальнейшем перемещении шихты ... протекает ... топлива и ... карбоната ...

13. В конце зоны ... температура ... материала и ... достигает максимума (...—...°С), а ... карбоната ... прекращается, то есть, зоной ... называют зону, в которой происходит ... карбоната ... и переход ... углерода в ... фазу.

14. Зоной ... (третья зона) следует называть зону, в которой происходит ... расходование ... на ... топлива, то есть, зона ... составляет часть зоны ... топлива.

15. Вращающийся ... непрерывного ... представляет собой ... цилиндр с ... осью вращения; наружный диаметр ... — ... м, длина — ... м.

16. КИСУ ... процессом в ..., учитывая ... операции по ... и ... известняка, ... и ... в ..., изменением ... оборотов ... дутьевого ... подачи ... в печь с ... по температуре в ... зоны ... шихты в ... , давлению в ... патрубке этого ... и ... воздуха.

17. КИСУ ... и ... диоксида ... , удаляемого из ... , изменением ... оборотов ... насоса ... охлажденной ... в турбулентный ... газа (трубу ...) с ... по давлению в ... патрубке ... насоса, ... охлажденной ... и ... диоксида ... , подаваемого ... объект

18. КИСУ ... значением ... известковой ... , поступающей ... объект ... , изменением ... оборотов ... насоса ... воды в эжекционный ...—... с коррекцией по ... известковой ... , давлению в ... патрубке ... насоса, расходу ... воды в ... и ... известковой ... в сборнике

19. КИСУ ... средней ... ПКС по ... известковой ... в сборниках ... при ... изменением ... извести ... помощи ... непрерывного ... (ДНД) ... загрузочный ... и ... питатель в ...

20. Основным назначением УО подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом является ... (полное определение).

21. Приготовленный ... раствор из ... поступает в ... , в ... из ССР ... с электродвигателем через ... подается ... рассол.

22. ... не имеет ... , но ... , подводящие ... раствор и ... рассол в ... , имеют ... -образные ... , поэтому требуемое ... достигается ... счёт большой ... поступления ... из указанных ... , при этом температуру ... необходимо ... в пределах ... ± ... °С.

23. Реактор ... трубопроводом ... с ... Дорра, из которого ... поступает ... в этот ... и по ... , не ... до дна, опускается ... , где ... разделение ... (рассол) и ... (шлам) фаз, рассол ... вверх, отделяясь от ... фазы.

24. КИСУ ... очищенного ... высокого ... при ... затратах ... и ... производительности ... (1) по ... расходов ... рассола и ... раствора в ... изменением ... сырого ... как ... потока УО (1) с коррекцией по ... очищенного ... на объект ... (2) и пульпы в ..., а ... величине рН ... раствора.

25. КИСУ ... давлением в ... патрубке ... подачи ... рассола в ... изменением ... оборотов ... насоса с коррекцией ... уровню ... рассола в

26. КИСУ ... давлением в ... патрубке ... подачи ... рассола ... объект ... (2) изменением ... оборотов ... насоса с коррекцией ... расходу ... рассола в ... как ... потока УО (1) и ... очищенного ... в

27. КИСУ ... значением ... расходов ... раствора и ... рассола в ... бак изменением ... содового ... раствора с коррекцией ... расходу ... рассола в ... как ... потока УО (1).

28. КИСУ ... значением ... расходов ... известковой ... и ... рассола в ... бак изменением ... известковой ... с коррекцией ... расходу ... рассола в ... как ... потока УО (1).

29. КИСУ ... ведущего ... (расхода ... рассола в ... УО (1) при ... изменением ... сырого ... в ... по ... предельных ... уровней ... рассола в ССР или СОР.

Список литературы

1. Rant Z. Die Erzeugung von Soda nach dem Solvay Verfahren [Text] / Z. Rant. – Sarajevo : Forschungsinstitut für Bergbau und Chemische Technologie Tuzla, 1968. – 543 s.
2. Шокин И. Н. Технология соды : Учеб. пособие для вузов [Текст] / И. Н. Шокин, С. А. Крашенинников. – М. : Химия. 1975. – 287 с.
3. Микулин Г. И. Дистилляция в производстве соды [Текст] / Г. И. Микулин, И. К. Поляков. – Л. : Госхимиздат, 1956. – 348 с.
4. Ткач Г. А. Моделирование десорбционных процессов содового производства [Текст] / Г. А. Ткач, В. Д. Смоляк. – Л. : Химия. 1973. – 207 с.
5. Табунщиков Н. П. Производство извести [Текст] / Н. П. Табунщиков. – М. : Химия. 1974. – 240 с.
6. Зайцев И. Д. Производство соды [Текст] / И. Д. Зайцев, Г. А. Ткач, Н. Д. Стоев. – М. : Химия. 1984. – 312 с.
7. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов в 2 ч. Ч. 1 [Текст] / Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, А. П. ГОТЛИНСКАЯ, В. А. ЛЕЩЕНКО и др.; под общей ред. Л. Л. ТОВАЖНЯНСКОГО. – Х. : НТУ «ХПИ». 2004. – 632 с.
8. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов в 2 ч. Ч. 2 [Текст] / Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, А. П. ГОТЛИНСКАЯ, В. А. ЛЕЩЕНКО и др.; под общей ред. Л. Л. ТОВАЖНЯНСКОГО. – Х. : НТУ «ХПИ». 2005. – 523 с.
9. Основи вимірювань і автоматизації технологічних процесів : підручник [Текст] / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, Ю. А. Бабіченко та ін. – Х. : Вид-во «С. А. М.». 2009. – 618 с.
10. Зайцев И. Д. Об одной задаче идентификации, возникающей при автоматизированном проектировании АСУ ТП содового производства [Текст] / И. Д. Зайцев, А. А. Бобух. – К. : Ин-т Кибернетики АН УССР (Препринт : 77–63). 1977. – С. 38–45.
11. Зайцев И. Д. Теория и методы автоматизированного проектирования химических производств. Структурные основы [Текст] / И. Д. Зайцев. – К. : Наук. думка. 1981. – 309 с.
12. Цейтлин М. А. Снижение вредного воздействия содового производства на окружающую среду. – Материалы VIII Международной конференции 23–24 февраля 2011. «Сотрудничество для решения проблемы отходов» [Текст] / М. А. Цейтлин, В. Ф. Райко, В. В. Шмельков. – Х. : Независимое агентство экологической информации (ЭКОИнформ). 2011. – С. 36–39.

13. Згуровский М. З. Интегрированные системы рационального управления и проектирования [Текст] / М. З. Згуровский. – К. : Вища школа. 1990. – 351 с.
14. Трегуб В. П. Основи комп'ютерно-інтегрованого керування [Текст] / В. Г. Трегуб. – К. : НУХТ. 2005. – 191 с.
15. Бобух А. О. Автоматизовані системи керування технологічними процесами : Навч. посіб. [Текст] / А. О. Бобух. – Х. : ХНАМГ. 2006. – 185 с.
16. TRACE MODE 6. Интегрированная SCADA/HMI-SOFTLOGIC-EAM-HRM-система для АСУ ТП, АСКУЭ и систем управления производством : в 2 т. – М. : Adastra Research Group. 2008. – Т. 1 : Руководство пользователя. – 517 с. – Т. 2 : Руководство пользователя. – 508 с.
17. Бобух А. А. Компьютерно-интегрированная система автоматизации технологических объектов управления централизованным теплоснабжением : монография [Текст] / А. А. Бобух, Д. А. Ковалев; под общ. ред. А. А. Бобуха. – Х. : ХНУГХ. 2013. – 226 с.
18. Лисаченко І. Г. Програмне забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем управління хіміко-технологічними процесами : навч.-метод. посіб. [Текст] / І. Г. Лисаченко. – Х. : НТУ «ХПІ». 2012. – 112 с.
19. Апаратно-програмні засоби комп'ютерно-інтегрованих систем управління : навч.-метод. посіб. [Текст] / В. І Тошинський, І. І. Литвиненко, О. Г. Шутинський та ін. – Х. : НТУ «ХПІ». 2009. – 102 с.
20. Трегуб В. П. Проектування систем автоматизації : навч. посіб. [Текст] / В. П. Трегуб. – К. : Вид-во Ліра-К. 2014. – 344 с.

Содержание

Введение	3
Условные сокращения	5
Л е к ц и я 1 Производство кальцинированной соды как объект компьютерно-интегрированных систем управления объектами отрасли.....	6
1. Техничко-экономические оценки технологического процесса ПКС.....	7
2. Описание принципиальной схемы ПКС как объекта компьютерно-интегрированных систем управления условными объектами и производством в целом	9
3. Краткие рекомендации по разработке функциональных схем компьютерно-интегрированных систем управления условными объектами и ПКС в целом.	16
Л е к ц и я 2 Компьютерно-интегрированная система управления условным объектом регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС.....	21
1. Физико-химические основы процесса условного объекта регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС.....	21
2. Разработка функциональной схемы компьютерно- интегрированной системы управления условным объектом регенерации аммиака и диоксида углерода из растворов и абсорбции газов ПКС.....	26
Л е к ц и я 3 Компьютерно-интегрированная система управления условным объектом насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия	37
1. Физико-химические основы процесса условного объекта насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия	37
2. Разработка функциональной схемы компьютерно- интегрированной системы управления условным объектом насыщения аммонизированного рассола диоксидом углерода и выделения влажного гидрокарбоната натрия	41
Вопросы для самоподготовки студентов к модульному контролю по лекциям 1–3.....	53

Л е к ц и я 4 Компьютерно-интегрированная система управления условным объектом выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения	56
1. Физико-химические основы процесса условного объекта выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения	56
2. Разработка функциональной схемы компьютерно- интегрированной системы управления условным объектом выделения влажного гидрокарбоната натрия и его термического разложения	58
Л е к ц и я 5 Компьютерно-интегрированная система управления условным объектом получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии	65
1. Физико-химические основы процесса условного объекта получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии	66
2. Разработка функциональной схемы компьютерно- интегрированной системы управления условным объектом получения диоксида углерода, извести и известковой суспензии	68
Л е к ц и я 6 Компьютерно-интегрированная система управления условным объектом подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково-содовым способом	77
1. Физико-химические основы процесса условного объекта подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково- содовым способом	77
2. Разработка функциональной схемы компьютерно- интегрированной системы управления условным объектом подготовки раствора хлорида натрия для ПКС известково- содовым способом	79
Вопросы для самоподготовки студентов к модульному контролю по лекциям 4–6	86
Список литературы	89

Навчальне видання

БОБУХ Анатолій Олексійович
ДЗЕВОЧКО Олександр Михайлович
ПОДУСТОВ Михайло Олексійович

**КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ГАЛУЗІ
на прикладі виробництва кальцинованої соди
за аміачним способом**

Текст лекцій
для студентів спеціальності 7.05020202, 8.05020202
«Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва»

Російською мовою

Відповідальний за випуск *А. К. Бабіченко*
Роботу до видання рекомендувала *М. Г. Зінченко*

В авторській редакції

План 2015 р., поз. 38

Підп. до друку 16.02.2015 р. Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Папір офісний.
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 5,3. Наклад 100 пр.
Зам. № 12. Ціна договірна.

Видавець і виготовлювач
ТОВ «Видавництво «Підручник НТУ «ХП»,
вул. Фрунзе, 21, м. Харків-2, 61002

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3656 від 24.12.2009 р.